

LEANDRO CALIXTO HENRIQUES

DESEMPENHO BIOECONÔMICO DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA SOB
DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS

Serra Talhada-PE

2016

**H
E
N
R
I
Q
U
E
S

L
C

D
E
S
E
M
P
E
N
H
O

B
I
O
E
C
O
N
Ô
M
I
C
O

·
·
·
2
0
1
6**

LEANDRO CALIXTO HENRIQUES

DESEMPENHO BIOECONÔMICO DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA SOB
DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva

Co-orientadores: Dr. Antônio José Steidle Neto e Dr^a. Maria da Conceição Silva

Serra Talhada-PE

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

LEANDRO CALIXTO HENRIQUES

DESEMPENHO BIOECONÔMICO DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA SOB
DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em ____/____/_____.

Banca Examinadora

Prof^o. Dr. Thieres George Freire da Silva – UFRPE/UAST
Orientador

Prof^a. Dr^a. Luciana Sandra Basto de Souza - UFRPE/UAST
Examinador Externo

Prof. Dr. Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite – UFRPE/UAST
Examinador Externo

Prof. Dr. Vicente Imbroisi Teixeira – UFRPE/UAST
Examinador Interno

À minha mãe Maria Carmelucia Calixto Henriques por todo amor, carinho, paciência e por mim incentivar a ser o que sou hoje. E a demais familiares por estarem comigo sempre nos momentos mais difíceis da minha vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primordialmente, agradeço a Deus por me dar força para superar os desafios e obstáculos encontrados durante esses dois anos, mostrando sempre os caminhos a serem percorridos nos momentos mais difíceis, auxiliando e fortalecendo espiritualmente na conquista dessa vitória.

Ao meu orientador, Thieres George Freire da Silva, pelos ensinamentos, confiança, dedicação, paciência, motivações e entusiasmo. Muito obrigado por ajudar a chegar até aqui. E por me auxiliar no momento mais crucial da minha vida. Levarei para sempre seus ensinamentos.

Ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) pela contribuição na realização dos trabalhos, pela dedicação e comprometimento.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal (PGPV) pelo apoio técnico-científico e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia (FACEPE) pela bolsa a mim concedida.

A todos os professores do PGPV que contribuíram com seus conhecimentos ao longo destes dois anos.

A todos os meus colegas do programa de pós-graduação em Produção Vegetal, em especial aqueles pelos quais tenho enorme satisfação de ter conhecido e que de alguma forma, faziam os meus dias mais felizes. Meu muito obrigado a Ricardo, Natalia, José Edson, Wellington, M^a da Penha, Debora, Auriele, Pedro, Douglas, Ygor, Carlos André, Aline, Bruna, Rúbia e Taciana, pelo convívio e aprendizado.

A Maria Gabriela, Lucivânia, Jucilene, George, Mery e Poliana pelas várias contribuições ao longo deste o mestrado.

Aos meus pais José de Almeida e Maria Carmelucia, por estarem sempre na torcida a cada subida de degraus, apoiando sempre as minhas decisões e por ter mim proporcionado a maior das riquezas “*a educação*”.

Aos meus irmãos Luciano e M^a Lidiane por sempre colaborarem comigo. Muito obrigado pela confiança e carinho sempre depositados. Aos familiares e amigos que torceram e apoiaram com vibrações positivas na busca desta conquista.

Para não pecar por omissões, a todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização e conclusão deste trabalho.

Meu muito obrigado!

*Há tempo de nascer, e tempo de morrer; tempo de plantar, e tempo de arrancar o que se
plantou.*

(Eclesiastes 3:2)

BIOGRAFIA

LEANDRO CALIXTO HENRIQUES, filho de José de Almeida Henriques e Maria Carmelucia Calixto Henriques, nasceu no dia 03 de fevereiro de 1991, na cidade de Campina Grande-PB. Concluiu no ano de 2008 o ensino médio na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Luiz Gonzaga Burity, na cidade de Ingá-PB. Em fevereiro de 2010, concluiu o curso técnico em agropecuária na Escola Agrícola Assis Chateaubriand, no Campus II da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB na cidade de Lagoa Seca-PB. Em março de 2009, ingressou no Curso de Licenciatura em Biologia na Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, onde graduou-se Biólogo licenciado em outubro de 2012. Em novembro de 2013 adquiriu o título de Especialista em Desenvolvimento e Meio Ambiente no Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ, em Campina Grande-PB. Em agosto de 2014 iniciou o Curso de Mestrado em Produção Vegetal na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST, em Serra Talhada – PE, submetendo-se à defesa da dissertação em julho de 2016.

RESUMO GERAL

HENRIQUES, Leandro Calixto. Manejo diferenciado do regime hídrico de sistemas de plantio de clones de palma forrageira. 2016. 83 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Universidade Federal Rural de Pernambuco – URFPE, Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST), Serra Talhada- PE.

Estudos tem sido realizados com intuito de demonstrar os benéficos do uso da irrigação no rendimento anual da palma forrageira. Mas, os mesmos ainda precisam de aperfeiçoamento, logo que não contemplam a necessidade de água da cultura, e quanto menos diferentes clones. O objetivo desta proposta foi avaliar a adoção do manejo hídrico diferenciado no sistema de plantio de clones de palma forrageira em ambiente Semiárido. O experimento foi conduzido no município de Serra Talhada-PE (2012/2014), com clones de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia* sp.), IPA Sertânia e Miúda (*Nopalea* sp.), submetidos a três regimes hídricos: sequeiro, irrigação sem cobertura e irrigação com cobertura morta sobre o solo. O experimento foi disposto em delineamento em blocos ao acaso, em arranjo de parcelas subdivididas com três repetições. Na ocasião da colheita foram registrados os dados biométricos da planta e dos cladódios. O rendimento da cultura foi determinado em base fresca e seca, em toneladas por hectare. A partir desses dados foram calculados os indicadores de eficiência do uso da água, produtividade econômica e a viabilidade econômica da adoção dos manejos hídricos diferenciados. Para isso, foram calculados os custos totais de produção para implantação e manutenção do sistema de irrigação, condução da cultura, lucratividade bruta e líquida, e relação benefício/custo. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, quando necessário comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Não houve interação entre os fatores regimes hídricos e clones. Por outro lado, no rendimento de matéria verde (MV) houve diferença significativa ($p>0,05$) com o efeito isolado dos clones e dos regimes hídricos, destacando-se, nessa ordem, a OEM e o ICC. Na matéria seca (MS) houve diferença apenas para os regimes hídricos, onde o ICC apresentou melhor desempenho com relação aos demais tratamentos. A eficiência da água foi maior para o OEM (EUA~175,8 t MV ha⁻¹ mm⁻¹ e EUA~15,48 t MS ha⁻¹ mm⁻¹), seguida da IPA (EUA~114,7 t MV ha⁻¹ mm⁻¹ e EUA~9,64 t MS ha⁻¹ mm⁻¹) e da MIU (EUA~83,2 t MV ha⁻¹ mm⁻¹ e EUA~7,83 t MS ha⁻¹ mm⁻¹). Em termos de análise econômica, o custo total de produção da palma forrageira irrigada foi de R\$ 8.442,46 ha⁻¹. Considerando-se o destino para forragem, o clone OEM apresentou a receita líquida média de R\$ 4.745,49 e a relação benefício/custo de 0,57, indicando a não viabilidade econômica. Já considerando a venda dos cladódios como “semente”, a Miúda apresentou valores superiores de receita líquida e benefício/custo, com média de R\$ 57.902,55 e 6,95, respectivamente, ou seja, para cada R\$ 1,00 de investimento no sistema de produção de palma forrageira irrigada há um retorno médio de R\$ 6,95. Desta forma conclui-se que, (i) o clone OEM com os eventos de irrigação apresentou um bom desempenho produtivo, principalmente para venda de forragem, e a MIU para a venda dos cladódios destinados para “semente”. (ii) a associação da irrigação com o uso de cobertura morta contribuiu com o incremento produtivo da palma forrageira, porém não minimizou a disparidade na produtividade dos clones do gênero *Nopalea* em relação ao do gênero *Opuntia*.

Palavras-chave: irrigação, cobertura, salinidade, gêneros.

GENERAL ABSTRACT

HENRIQUES, Leandro Calixto. Management differentiated of regime hydric in systems planting clones forage palm. 2016. 83 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Universidade Federal Rural de Pernambuco – URFPE, Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST), Serra Talhada- PE.

Studies have been conducted in order to demonstrate the benefits of the use of irrigation in the annual yield of forage cactus. But they still need improvement, as soon as they do not address the need for water culture, and the less different clones. The purpose of this proposal was to evaluate the adoption of different water management in the plantation system of forage palm clones in semi-arid environment. The experiment was conducted in the city of Serra Talhada-PE (2012/2014), with cactus pear clones Mexican Elephant Ear (*Opuntia* sp.), IPA Sertânia and Miúda (*Nopalea* sp.), Submitted to three water schemes: rainfed, irrigation without coverage and irrigation with mulch on the soil. The experiment was arranged in randomized block design in a split plot arrangement with three replications. At the time of harvest were recorded biometric data of the plant and cladodes. The crop yield was determined in fresh and dry base in tonnes per hectare. From these data were calculated water use efficiency indicators, economic productivity and economic viability of the adoption of different water management. For this, the total production costs for implementation and maintenance of the irrigation system were calculated, driving culture, gross and net profitability, and benefit / cost ratio. The experimental data were subjected to analysis of variance when necessary compared by Tukey test at 5% probability. There was no interaction among the factors water regimes and clones. On the other hand, the yield of green matter (MV) was no significant difference ($p > 0.05$) with the isolated effect of clones and water regimes, highlighting, in that order, the OEM and the ICC. In the dry matter (MS) there was difference only for water systems, where the ICC showed better performance in relation to other treatments. Water efficiency was higher for OEM (EUA~175,8 t MV ha⁻¹ mm⁻¹ e EUA~15,48 t MS ha⁻¹ mm⁻¹), followed by IPA (EUA~114,7 t MV ha⁻¹ mm⁻¹ e EUA~9,64 t MS ha⁻¹ mm⁻¹) and MIU (EUA~83,2 t MV ha⁻¹ mm⁻¹ e EUA~7,83 t MS ha⁻¹ mm⁻¹). In terms of economic analysis, the total cost of production of irrigated forage cactus was R\$ 8.442,46 ha⁻¹. Considering the fate of forages, OEM clone showed the average net income of R\$ 4.745,49 and the benefit / cost ratio of 0,57, indicating no economic viability. Already considering the sale of cladodes as "seed" the Miúda showed higher values of net revenues and cost/benefit, averaging R\$ 57.902,55 and 6,95 respectively, that is, for every R\$ 1,00 investment in irrigated forage palm production system for an average return of R\$ 6,95. Thus it is concluded that (i) the OEM clone with the irrigation events showed a good growth performance, particularly for the sale of fodder, and MIU for the sale of cladodes intended for "seed". (ii) the combination of irrigation with the use of mulch contributed to the production increase of forage cactus, but did not minimize the disparity in productivity *Nopalea* genre clones in relation to the genres *Opuntia*.

Keywords: irrigation, cover, salinity, genres.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

- Figura 1** Clones de palma forrageira (A) IPA Sertânia, (B) Miúda e (C) Orelha de Elefante Mexicana..... 37
- Figura 2** Efeitos de clone (A, B) e regimes hídricos (C) sobre a matéria verde e matéria seca, em relação a produtividade da área experimental, no período de abril/2012 a março/2014, no município de Serra Talhada – PE. 45
- Figura 3** Eficiência no uso da água de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea cochenillífera*), Miúda (*Nopalea cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), sob diferentes manejos hídricos, em função do rendimento de matéria verde (A) seca (B), no período abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE. 46
- Figura 4** Eficiência no uso da água, nos regimes hídricos, na condição de sequeiro (S), irrigado com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura, em função do rendimento de matéria verde (A) e seca (B), no período de abril/2012 a março/2014, no município de Serra Talhada – PE. 47
- Figura 5** Produtividade econômica da água de clones de palma forrageira (A, B), IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*); E dos regimes hídricos (C, D) irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura e em condição de sequeiro (S), em função do rendimento destinado para venda do Cladódio como forragem e semente. 49

CAPITULO II

- Figura 1** Custos fixos, referente aos componentes do sistema de irrigação e da implantação do cultivo de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea cochenillífera*), Miúda (*Nopalea cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), sub diferentes manejos hídricos no período de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE. 65
- Figura 2** Custos variáveis, referente aos componentes do sistema de irrigação e da implantação do cultivo de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea cochenillífera*), Miúda (*Nopalea cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), sub diferentes manejos hídricos no período de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE..... 66
- Figura 3** Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 1 (1º corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda como forragem em Serra Talhada-PE..... 70
- Figura 4** Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 1 (1º corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S),

	destinado para venda do Cladódio como semente em Serra Talhada-PE.	71
Figura 5	Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 2 (2º corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (<i>Nopalea Cochenillífera</i>), Miúda (<i>Nopalea Cochenillífera</i>) e Orelha de Elefante Mexicana (<i>Opuntia stricta</i>), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda como forragem em Serra Talhada-PE.....	72
Figura 6	Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 2 (2º corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (<i>Nopalea Cochenillífera</i>), Miúda (<i>Nopalea Cochenillífera</i>) e Orelha de Elefante Mexicana (<i>Opuntia stricta</i>), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda do Cladódio como semente em Serra Talhada-PE.....	73
Figura 7	Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 3 (3º corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (<i>Nopalea Cochenillífera</i>), Miúda (<i>Nopalea Cochenillífera</i>) e Orelha de Elefante Mexicana (<i>Opuntia stricta</i>), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda como forragem em Serra Talhada-PE.....	74
Figura 8	Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 3 (3º corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (<i>Nopalea Cochenillífera</i>), Miúda (<i>Nopalea Cochenillífera</i>) e Orelha de Elefante Mexicana (<i>Opuntia stricta</i>), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda do Cladódio como semente em Serra Talhada-PE.....	75
Figura 9	Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 4 (4º corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (<i>Nopalea Cochenillífera</i>), Miúda (<i>Nopalea Cochenillífera</i>) e Orelha de Elefante Mexicana (<i>Opuntia stricta</i>), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda como forragem em Serra Talhada-PE.....	76
Figura 10	Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 4 (4º corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (<i>Nopalea Cochenillífera</i>), Miúda (<i>Nopalea Cochenillífera</i>) e Orelha de Elefante Mexicana (<i>Opuntia stricta</i>), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda do Cladódio como semente em Serra Talhada-PE.....	77

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

- Tabela 1** Efeito de clones no crescimento da palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea cochenillífera*), Miúda (*Nopalea cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*) a partir das diferentes condições de água recebida durante todo o período experimental, que correspondeu de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE..... 42
- Tabela 2** Efeito de sistema sobre as características estruturais do cladódio, em relação ao manejo hídrico, durante todo o período experimental de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE 43

CAPITULO II

- Tabela 1** Custos (R\$ ha⁻¹) dos equipamentos de irrigação e de implantação dos clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), sob diferentes manejos hídricos no período de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE..... 65
- Tabela 2** Efeito dos clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea cochenillífera*), Miúda (*Nopalea cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*) a partir dos indicadores da análise econômica do uso do sistema de irrigação, durante o período experimental, que correspondeu de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE..... 67
- Tabela 3** Efeito de sistema a partir dos indicadores da análise econômica do uso do sistema de irrigação, durante o período experimental, que correspondeu de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE. 68

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	16
CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO	18
1. CLIMATOLOGIA DO SEMIÁRIDO.....	18
2. CARACTERÍSTICAS DAS PLANTAS CAM.....	19
3. CLONES DE PALMA FORRAGEIRA	20
4. USO DA IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE PALMA FORRAGEIRA.....	22
5. USO DE ÁGUA SALINA E COBERTURA MORTA NA IRRIGAÇÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	26
CAPÍTULO 2 – DESEMPENHO PRODUTIVO E EFICIÊNCIA ECONÔMICA NO USO DA ÁGUA EM CLONES DE PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS.....	32
1 INTRODUÇÃO.....	34
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4 CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	51
CAPÍTULO 3 – RENTABILIDADE ECONÔMICA DO USO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA	56
1 INTRODUÇÃO.....	58
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	60
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
4 CONCLUSÃO.....	78
REFERÊNCIAS.....	79
APÊNDICES	82

APRESENTAÇÃO

A palma forrageira é uma cactácea de grande valor nas regiões áridas e semiáridas do Nordeste do Brasil, por ser utilizada na alimentação animal nos períodos de estiagem, do qual representa um dos principais suportes forrageiros para os ruminantes. O cultivo deste vegetal contribui para a sustentabilidade e o desenvolvimento socioeconômico do ambiente semiárido, isso porque a mesma apresenta mecanismos morfofisiológicos que possibilita uma maior absorção e aproveitamento da água quando comparadas a outras culturas.

Por ser uma cultura bem adaptada as extremas condições que esse ambiente as impõem, a mesma acaba tornando-se uma alternativa para as atividades desenvolvidas pelos produtores do setor da agropecuária. A palma forrageira, por ser uma planta xerófila, é uma importante maneira de alimentação dos ruminantes, por apresentar alto valor nutricional, bom coeficiente de digestibilidade da matéria seca, alta produtividade e elevada eficiência no uso da água, nestas condições ambientais.

O seu rendimento produtivo pode ser influenciado pela pluviosidade, pela fertilidade do solo, densidade do plantio, vigor dos cladódios usado para o plantio, ataque de pragas e doenças dentre outros. E nesses aspectos, vários estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de promover o aumento da produção da palma forrageira no semiárido brasileiro. Isso porque mesmo sendo adaptada a esse ambiente, a palma necessita de práticas de manejo que proporcionem o aumento na qualidade e produção.

O manejo adequado dos palmais, deve acontecer de forma integrada em todos os processos desde a implantação, condução, até a colheita, de modo que possa não só elevar a produtividade, como também a manutenção do valor nutritivo pertencente a esta forragem, observando sempre os fatores ambientais e o potencial genético das variedades. A prática da irrigação em alguns experimentos, vem mostrando-se como uma medida de otimização do desenvolvimento e de atendimento das limitações edafoclimáticas da cultura.

O fornecimento de água a esta cultura vem com o intuito de potencializar de forma expressiva a produção e melhoria na qualidade do produto. No entanto o uso desta técnica, demanda uma série de desafios frente à escassez hídrica, o que gera uma necessidade de saber o quanto deve-se irrigar para obter-se de um bom rendimento. Nesse sentido, informações a respeito da evapotranspiração da cultura, por sua vez, auxiliarão na tomada de decisão acerca do momento e a quantidade de água a serem usados, e com isso atender à necessidade hídrica da planta.

A qualidade da água é outro fator que deve ser levado em consideração, no momento da adoção da irrigação, por apresentar em muitos mananciais hídricos teores de sais em baixas ou altas concentrações o que pode gerar danos no desempenho de alguns vegetais. Entretanto a palma forrageira, vem mostrando-se tolerante ao uso da irrigação em baixas e médias concentrações de salinidade, não havendo reflexo negativo no rendimento da mesma.

Dessa forma, é possível no cultivo da palma forrageira o aproveitamento das águas em proporções de salinidade consideráveis, que em outras culturas do meio agrícola seriam impróprias. Toda via, torna-se necessário o manejo adequando destas águas, para que não gere ao longo do tempo danos no meio ambiente.

O uso da cobertura morta sobre o solo pode ser uma medida mitigatória para o uso de eventos de irrigação com água salina, além de promover vários benefícios a planta a serem convertidos nos desempenhos das cultivares e no retorno econômico futuro. Sendo assim, estudos sobre a escolha de manejos hídricos diferenciados podem servir de suporte ao planejamento agrícola e nas tomadas de decisão das atividades do meio agropecuário.

CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO

1. Climatologia do semiárido

Climaticamente as regiões áridas e semiáridas, são representadas por aproximadamente 48 milhões de km², distribuídas em 2/3 dos países do mundo, do qual habita uma população estimada em 630 milhões de pessoas (OLIVEIRA et al., 2010). A faixa territorial no Brasil que se apresenta como semiárida compreende cerca de 11,39% do território nacional, estando presente em maior porcentagem na região Nordeste (BRASIL, 2005).

O semiárido brasileiro, pode ser classificado de maneira geral, como sendo quente e seco, apresentando duas estações definidas para região como chuvosa que pode variar de 3 a 6 meses sendo entre fevereiro a julho, e uma outra com estiagem (seca), variando de 6 a 9 meses em um período que vai agosto a janeiro (LEITE, 2009). Partindo da classificação de Koppen, existem três tipos de clima predominantes na região, apresentados como: o BShw - semiárido, com curta estação chuvosa no verão e precipitações concentradas nos meses de dezembro e janeiro; o BShw' - semiárido, com curta estação chuvosa no verão-outono e maiores precipitações nos meses de março e abril e; o BShs' - semiárido, com curta estação chuvosa no outono-inverno e precipitações concentradas nos meses de maio e junho (PEREIRA FILHO et al., 2013).

Segundo Pereira Filho et al. (2013) a precipitação anual varia de 150mm a 1300mm, tendo uma média de 700mm. Contudo, a baixa precipitação acarreta em um balanço hídrico negativo em grande parte dos meses do ano e promove um elevado índice de aridez (ARAÚJO FILHO, 2002). Insolação média de 2800 h ano⁻¹, temperaturas médias anuais de 23° a 27° C, evaporação de 2.000 mm ano⁻¹ e umidade relativa do ar média em torno de 60% (MOURA et al., 2007).

As condições climáticas deste ambiente no Brasil é muito pouco diversificada, mesmo quando relacionado a dimensão territorial. As características de relevo de um dado local, determinam as peculiaridades que estes apresentam, ocasionando na presença de microclimas específicos (MOURA et al., 2007). Contudo, culturas como a palma forrageira, são bem adaptadas às condições de clima do semiárido, suportando grande período de estiagem devido às propriedades morfofisiológicas, caracterizadas por um processo fotossintético que resulta em grande economia de água.

2. Características das Plantas CAM

O metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), é um mecanismo fotossintético, caracterizado pela ocorrência de acúmulo noturno de ácidos orgânicos a serem utilizados dessas moléculas durante o dia. Estima-se que este metabolismo, está presente em cerca de 16.000 espécies, o que representa apenas 6% da vegetação global, constituído 328 gêneros contidos em 33 famílias (WINTER e SMITH, 1996; CRAYN et al., 2004; HOLTUM et al., 2007; HERRERA, 2009).

Essa característica foi primeiramente observada e descrita para a espécie *Bryophyllum calycinum*, pertencente à família Crassulaceae (RANSON e THOMAS 1960) ao qual deu origem no nome deste metabolismo fotossintético. Ainda como característica, o CAM pode ser dividido em três tipos considerando o comportamento estomático e a consequente assimilação de CO₂ atmosférico, sendo o CAM clássico, o *cycling* e o *idling*.

No metabolismo CAM clássico, ocorre a abertura estomática, que possibilita de forma interativa a obtenção de CO₂ sob baixa taxa de evaporação, promovendo um uso mais eficiente da água pela planta. Essa características favorecem as plantas que vivem em locais que apresentam baixa disponibilidade hídrica como é o caso das regiões áridas e semiáridas (LUTTGE, 2004; WINTER et al., 2008).

O *CAM cycling*, ocorre com a abertura estomática durante o período claro com a assimilação de CO₂ atmosférico e o fechamento estomático durante o período escuro (HERRERA, 2009). A variabilidade dos ácidos orgânicos nesse tipo de metabolismo é proveniente da refixação do CO₂ oriundo da respiração celular (CUSHMAN, 2001).

Por fim, *CAM idling*, apresenta-se como um CAM de resistência, por fazer com que os estômatos permaneçam fechados tanto no período diurno, como o período noturno, promovendo uma pequena acidificação noturna, em razão da refixação do CO₂ (CUSHMAN, 2001; BORLAND et al., 2011).

Estes tipos de adaptações permitem que diferentes culturas obtenham rendimentos aceitáveis a partir das várias condições ambientais as quais são impostas, principalmente na intenção de minimizar a perda de água (VESTA et al., 2001). Nesse sentido as plantas fecham os seus estômatos durante o dia, diminuindo a perda de água, e durante a noite assimilam dióxido de carbono CO₂. Isso acontece porque nas plantas CAM, existem duas vias de fixação de CO₂ (Rubisco e PEPcarboxilase) separadas temporalmente.

A fixação inicial do CO₂ acontece no período noturno, ao ácido fosfoenolpirúvico (PEP) pela ação da PEP-case, sendo acumulado no vacúolo em formato de malato,

promovendo o aumento gradativo da acidez celular. Durante o dia, com os estômatos fechados, o malato sai do vacúolo, e acontece a descarboxilação pela ação da NADP-enzima málica, em piruvato e CO₂, assim sendo refixado pelo ciclo de Benson-Calvin através da Rubisco, consistindo em um processo intrínseco a energia luminosa (NOBEL e BOBICH, 2002; KERBAUY, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2009).

A luz é um elemento que promove grande interferência na taxa de fotossíntese líquida das plantas, quando a radiação decresce a taxa de fotossíntese líquida também decresce, em culturas como a palma forrageira, que apresentam seus cladódios dispostos perpendicularmente em relação ao solo, encontram dificuldades na interceptação da luz incidente, o que gera um crescimento inicial lento, em função da baixa área fotossintética (NOBEL, 2001; SANTOS et al., 2005).

As plantas que possuem esse metabolismo, são muito eficientes no uso da água, podendo permanecer longos períodos sem abrir seus estômatos durante o dia, economizando água, isso porque a densidade estomática das plantas CAM gira em torno de 2.500 estômatos cm⁻², dez vezes menor que as plantas C₃ que possui em torno de 20.000 estômatos cm⁻², entretanto, a ação de fechar os estômatos durante longos períodos promove baixos rendimentos na produção de matéria seca (OSMOND e HOLTUM, 1981; OLIVEIRA et al., 2010; SILVA, 2012). De modo geral, as plantas com metabolismo ácido crassuláceo (CAM), durante os seus processos metabólicos, perde 50 a 100 g de água para cada grama de CO₂ obtido, isso quando comparado com valores de 250 a 300 g para plantas C₄ e 400 a 500 g para plantas C₃ (TAIZ e ZEIGER, 2009).

3. Clones de palma forrageira

No Brasil, principalmente na região Nordeste, predomina-se o cultivo de espécies de palma forrageira, dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, ambos da família *Cactaceae*, que apresentam inúmeras características anatômicas e morfofisiológicas de adaptação às condições do ambiente semiárido (SALES et al., 2013). Basicamente três cultivares de palma forrageira vem se destacando, por serem resistentes à Cochonilha-do Carmim, sendo uma do gênero *Opuntia* (Palma Orelha de Elefante Mexicana) e duas do gênero *Nopalea* (Palma miúda e IPA Sertânia).

A palma Orelha de elefante Mexicana é oriunda do México, no qual este clone, foi introduzido pelo IPA (Instituto Agrônomo de Pernambucano) no país por apresentar vantagens como resistência a cochonilha do carmin (*Dactylopius* sp.) e por ser menos

exigente com relação a fertilidade do solo (CAVALCANTI et al., 2008; VASCONCELOS et al., 2009). Este genótipo IPA-200016 (Orelha de elefante Mexicana), mostra-se bem adaptado as condições do semiárido brasileiro, tendo cerca de 90% de sobrevivência nos palmais e vem apresentando rendimentos satisfatórios de matéria verde e seca (SANTOS et al., 2008).

Apresenta características morfológicas como crescimento estendido, planta estreita e de baixo porte, cladódios largos, com formato rômbo, espessura grossa e de coloração verde escura, forte cerosidade, com ondulação na margem e cinco aréolas na fileira central, de cor marron, variando de 0 a 4 espinhos por aréola (GALLEGOS et al., 2005; SANTOS et al., 2013). Os espinhos nesta planta, é uma característica indesejável, principalmente no manejo forrageiro, entretanto, tal estrutura garante maior resistência à seca, por servirem como redutores de temperatura do caule durante o dia (NEVES et al., 2010).

A palma Miúda ou doce, também é uma cultivar resistente à cochonilha do carmin e susceptível a cochonilha de escama (*Diaspis echinocacti*), porém, a mesma é mais exigente no que diz respeito a fertilidade, umidade e temperatura noturna amena, isso quando comparada a outras cultivares, o que a torna menos tolerante as condições semiáridas (NEVES et al., 2010; VASCONCELOS et al., 2009). O genótipo IPA-100004 (Miúda), mesmo apresentando esses aspectos, vem mostrando bons desempenhos produtivos no semiárido, tendo melhor desenvoltura, em áreas mais úmidas do Semiárido brasileiro, a exemplo do Agreste pernambucano e parte dos Estados da Paraíba e Alagoas (MOURA et al., 2011). Sua produtividade em massa verde e seca, é bem inferior, quando comparado a cultivares como Orelha de elefante Mexicana e IPA-Sertânia. Toda via o clone Miúda, possui maior teor de carboidrato, tornando-se mais nutritiva e palatável aos animais (SANTOS et al., 2005).

As suas características morfológicas, partem do seu pequeno porte, com caule ramificado, cladódios curtos, com largura muito estreita, tendo formato elíptico médio, espessura fina e de coloração verde médio, moderada cerosidade, sem ondulação na margem, com quatro aréolas na fileira central, de cor cinza, variando de 0 a 3 espinhos por aréola (GALLEGOS et al., 2005; SANTOS et al., 2013).

A palma IPA-Sertânia ou palma baiana, é um clone, que apresenta características de resistente à cochonilha do carmin, sendo susceptível a cochonilha de escama e a fusariose (SANTOS et al., 2006; Santos et al., 2008). Este possui o seguinte genótipo forrageiro IPA-200205 (IPA-Sertânia), onde foi coletado pelo IPA no estado da Bahia, tendo surgido após uma queima de área produtiva, na qual era cultivada a Miúda, por isso apresenta

características morfológicas muito parecidas com a Miúda, no entanto, os cladódios deste clone apresentam tamanhos superiores, com brotação inferior (SANTOS et al., 2013).

Esta cultivar apresenta as seguintes características morfológicas: hábito de crescimento ereto, planta estreita e de porte muito baixo, possuindo cladódios de média longitude, largura estreita, formato elíptico médio, espessura grossa e de coloração verde amarelada, moderada cerosidade, sem ondulação na margem, com cinco aréolas na fileira central, de cor cinza, variando de 0 a 4 espinhos por aréola (GALLEGOS et al., 2005; SANTOS et al., 2013).

Os resultados de pesquisa com as cultivares IPA-200016, IPA 200205 e IPA- 100004 ainda são escassos, notadamente em decorrência das duas primeiras terem sido lançadas recentemente e a segunda por ser menos cultivada (SANTOS et al., 2013).

4. Uso da irrigação no cultivo de palma forrageira

A palma forrageira mesmo sendo amplamente adaptada a região semiárida, sofre forte influência das condições meteorológicas, com a redução do conteúdo de água, fazendo com que a planta perda turgescência, feche os estômatos, diminuindo o crescimento e, com isso, reduzindo a produção final (SINGELS et al., 2005; FERREIRA, 2007).

Nesse contexto, visando incrementar o rendimento anual da cultura, a irrigação torna-se uma alternativa a ser utilizada (QUEIROZ, 2014). Esta, mesmo sendo usada em locais com grande escassez de água, quando realizada adequadamente, proporciona ao material genético utilizado, condições favoráveis para expressar no campo todo o seu potencial produtivo (SILVA et al., 2011).

O manejo de irrigação, para que aconteça de forma adequada, requer do produtor um conhecimento mesmo que superficial das condições edafoclimáticas local, tendo em vista que o processo de evapotranspiração e de resposta das plantas a diferentes disponibilidades de água no solo, muda em função desses fatores associados a aspectos fisiológicos como espécie, variedade e fase fenológica, devendo ser observado antes da realização da prática de irrigação (LÓPEZ-URREA et al., 2009; BARBOSA, 2011).

Segundo Silva et al. (2013) uma importante informação para o manejo de água de irrigação, é a evapotranspiração (ET), que consiste em determinar a quantidade de água consumida pela planta, em condições naturais ou não de disponibilidade, ou seja, em condições de sequeiro ou irrigadas. Na palma forrageira, a ET tem sido pouco estudada no Nordeste brasileiro, existindo apenas alguns autores que citam valores de ET para palma,

como Han e Felker (1997) e Consoli et al. (2013), todavia, estas informações fazem referência a espécies, sistemas de cultivo e condições edafoclimáticas, bastante distintas das existentes no semiárido brasileiro (SILVA et al., 2013).

Devido a sua eficiência e pequena demanda de água, a irrigação da palma forrageira pode ser feita em regiões ou propriedades que apresentam pequena disponibilidade de hídrica (LIRA et al, 2010). Ainda não se sabe a lâmina de água ideal para a irrigação de palma (MORAIS, 2016), bem como turno de rega ou outros manejos que promova melhores desempenhos. Segundo dados de Costa et al. (2010), para uma produção de 80 toneladas de matéria seca por hectare/ano, a palma necessitaria de 4.000 m³ de água por ano, o que significa 10,9 mil litros por hectare dia, ou seja, uma lâmina d'água de 1,1 mm/dia, considerando apenas a demanda da planta.

Por sua vez, a adoção de um manejo adequado e estratégico da água, associado aos índices de eficiência do uso da água, pode nortear o planejamento e a tomada de decisão da irrigação, aumentando-se consecutivamente, a produtividade das culturas (KARATAS et al., 2009). A adoção da irrigação deve ser realizada com o objetivo de potencializar a produção da cultura, levando sempre em consideração a realidade dos diversos ecossistemas e a escassez de recursos (CUNHA et al., 2013).

5. Uso de água salina e cobertura morta na irrigação

De acordo com a FAO (2002), existem cerca de 30 milhões de hectares no planeta afetados por sais, e a cada ano são perdidos de 0,25 a 0,5 milhões de hectares de áreas produtivas, em função da salinização do solo. Ainda, segundo a FAO (2005) tanto a água de irrigação, como os solos ricos em sais, quando manejados de forma inadequada, podem alavancar mais ainda o processo de salinização de uma determinada área.

Nas regiões semiáridas, as águas salinas são utilizadas constantemente na agricultura, devido à ausência de água de boa qualidade (KATERJI et al., 2003). Segundo Fontes Júnior et al. (2012), o uso de águas salinas acontece com maior preponderância nos períodos de seca, período este, que a demanda hídrica é muito alta e as precipitações pluviométricas são abaixo da necessidade para o suprimento de água nas culturas agrícolas.

Segundo Nunes (2015), valores entre 0,76 e 2,0 dS m⁻¹ são considerados como baixa condutividade elétrica, onde até esse nível as plantas conseguem crescer e se desenvolver satisfatoriamente. Acima de valores como 2,0 dS m⁻¹, algumas culturas agrícolas não

respondem bem em termos de produtividade, como é o caso de algumas cultivares de palma forrageira (MORAIS et al., 2011; FREIRE, 2012; COSTA et al., 2013; SILVA et al., 2014).

Freire (2012) cita o clone Miúda como sendo sensível à salinidade, a depender da lâmina de irrigação e da condutividade elétrica da água, em condições de cultivo em vaso, e destaca a resposta produtiva de diferentes acessos de palma forrageira irrigados com água salina. Nas áreas agrícolas onde são usadas águas salinas, nos últimos tempos vem ocorrendo a substituição de culturas mais sensíveis pelo cultivo de outras mais tolerantes, onde juntamente com as técnicas de manejo adequadas, permite aos agricultores a utilização dessas águas de baixa qualidade, resultando em produções economicamente viáveis, de forma sustentável (OLIVEIRA et al., 2005).

Segundo Dubeux Júnior e Santos (2005), a palma forrageira apresenta baixa tolerância ao estresse salino, sendo desconhecido experimentalmente seu potencial de produção sob eventos de irrigação nas condições do Nordeste, principalmente em ambiente semiárido. Os autores Franco Salazar e Veliz (2007), ao trabalhar com o cultivo hidropônico da *Opuntia ficus-indica*, submetido a diferentes concentrações de cloreto de sódio, constataram que a salinidade afetou as características morfológicas da planta, diminuindo tanto a parte aérea como as raízes da mesma. Em contrapartida, existem relatos de sucesso na adoção de eventos de irrigação com água salina, no desempenho produtivo da palma forrageira (LIMA, 2015; NUNES, 2015; MORAIS, 2016).

Nesse sentido a utilização de água com determinado teor de salinidade na irrigação pode-se configurar uma alternativa na produção de alimentos para os animais. Para tanto, efeitos como alterações físico-químicas do solo, devem ser analisadas, de maneira que estas não desfavoreçam o crescimento e desenvolvimento da cultura em curto e logo prazo, perante as condições de ambiente salino impostas (LIMA et al., 2012; NUNES et al., 2013).

Em meio a essa realidade, o uso da cobertura morta disposta sobre o solo, pode ser usada como medida mitigatória, para reduzir os danos que as águas salinas usadas na irrigação causam no solo (SEDIYAMA et al., 2011; CARVALHO et al., 2011). Além disso quando usada em quantidade adequada, a cobertura morta, amplia a eficiência do uso de água, por promover a diminuição da evapotranspiração das culturas e da taxa evaporativa do solo, aumentando com isso a retenção de água, e reduzindo a frequência de irrigação e despesas referentes a operacionalização do sistema de irrigação (STONE et al., 2006; OLIVEIRA NETO et al., 2011; SILVA et al., 2014).

A adoção desta técnica, promove desempenhos significativos das culturas, tanto em cultivos submetidos a eventos de irrigação, como em condições de sequeiro, por proporcionar em ambas as situações, incorporação de matéria orgânica e nutrientes no solo, aumento na umidade da área, controle das plantas daninhas e das temperaturas do solo (COSTA et al., 2007; FERREIRA et al., 2011; PIMENTEL et al., 2011; SANTOS et al., 2012; SILVA et al., 2014).

Apesar disso, deve-se considerar que vantagens provenientes do uso da cobertura morta sobre o desempenho hídrico e produtivo dependem da cultura, tipo e quantidade de cobertura, do manejo de água, da fenologia, e de outros fatores, como por exemplo, as características climáticas da região (CARVALHO et al., 2011).

Perante as características apresentadas, a palma forrageira detém um enorme potencial de uso ainda a ser explorado, podendo até mesmo servir como plano de políticas públicas, como medida de mitigação dos vários impactos oriundos da escassez de alimentos nos ambientes semiáridos, por meio da geração de renda, emprego e qualidade de vida, atrelada à fixação dos produtores nas diferentes regiões.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C. Criação de ovino a pasto no semiárido nordestino. In: 1º Congresso Nordestino de Produção Animal, Fortaleza, CE. **Anais...** do Simpósio, v.3, p.143, 1998.
- BARBOSA, M. A. G. **Calibração e uso de sensores FDR para determinação da umidade e salinidade em dois tipos de solos**. 2011. 88 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN, 2011.
- BORLAND, A. M.; ZAMBRANO, V. A. B.; CEUSTERS, J.; SHORROCK, K. The photosynthetic plasticity of Crassulacean acid metabolism: an evolutionary innovation for sustainable productivity in a **changing world** *New Phytologist*, v. 191, p. 619-633, 2011.
- CARVALHO, J. F.; MONTENEGRO, A. A. A.; SOARES, T. M.; SILVA, Ê. F. F.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.3, p.256-263, 2011.
- CAVALCANTI, M. C. de A.; BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; LIRA, M. de A.; RIBEIRO, V. L.; RIBEIRO NETO, A. C. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus indica* Mill) e palma orelha de elefante (*Opuntia* sp). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 173-179, 2008.
- CONSOLI, S.; INGLESE, G.; INGLESE, P. Determination of evapotranspiration and annual biomass productivity of a cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) orchard in a Semi-arid Environment. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.1, p.1-15, 2013.
- COSTA, D. M. A.; MELO, H. N. S.; FERREIRA, S. R. Eficiência da cobertura morta na retenção de umidade no solo. **Holos**, v. 1, 2007.
- COSTA, M. E.; MORAIS, F. A.; SOUZA, W. C. M.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T. Estratégias de irrigação com água salina na mamoneira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 34-43, 2013.
- COSTA, M. R. et al. Análise do potencial de uso das águas subterrâneas das bacias da região semiárida do estado de Pernambuco. **Anais...** do XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Luís – MA, 2010.
- CRAYN, D.M.; WINTER, K.; ANDREW, J.; SMITH C. Multiple origins of crassulacean acid metabolism and the epiphytic habit in the **Neotropical family Bromeliaceae**. v. 101 n. 10, p. 3703-3708, 2004.
- CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; NASCIMENTO, J. L.; ALVES JÚNIOR, J. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p.735-742, 2013.
- CUSHMAN J. C. Crassulacean acid metabolism. A plastic photosynthetic adaptation to arid environments **Plant Physiology**, v. 127, p. 1439-1448, 2001.

DUBEUX JR., J. C. B.; SANTOS, M. V. F. dos, Exigências nutricionais da palma forrageira. In. Rômulo S. C.; Menezes, Diogo, A. S., Everard, v. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil – conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFRPE, 2005. v. único, p. 105-128. 2005.

FAO. Crops and drops: **making the best use of water for agriculture**. Roma 2002. 22p.

FAO: Global network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soil. Rome, Italy: **FAO - Land and Plant nutrition management service**, p, 1-4, 2005.

FERREIRA, R. L. F.; GALVÃO R. O.; MIRANDA JUNIOR, E. B.; ARAUJO NETO, S. E.; NEGREIROS, J. R. S.; PARMEJANI, R. S. Produção orgânica de rabanete em plantio direto sobre cobertura morta e viva. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 299-303, 2011.

FERREIRA, V. M. **Definição de parâmetros para estimativa de risco climático no consórcio milho–feijão–caupi**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Piauí, Teresina - PI, 2007.

FONTES JÚNIOR, R. V. P.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS T. E. M. Estabilidade temporal da potenciometria e da salinidade em vale aluvial no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.11, p.1188–1197, 2012.

FRANCO-SALAZAR, V. A.; VELIZ, J. A. Respostas de La tuna (*Opuntia ficus-indica* (I) Mill) al NaCl. **Revista Interciência**, v. 32, n. 2. 2007.

FREIRE, J. L. **Avaliações de clones de palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) sob irrigação e salinidade**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2012, 85 f.: il. (Tese de Doutorado).

GALLEGOS, V. C. J.; CERVANTES, H.A.F.; BARRIENTOS, P. **Manual gráfico para la descripción varietal del nopal tunero y xoconostle (*Opuntia* spp.)**. SNICS-Sagarpa / Universidad Autónoma Chapingo, México, 116 p. 2005.

HAN, H.; FELKER, P. Field validation of water-use efficiency of the CAM plant *Opuntia ellisiana* in south Texas. **Journal of Arid Environments**, v.36, p.133-148, 1997.

HERRERA, A. Crassulacean acid metabolism and fitness under water deficit stress: if not for carbon gain, what is facultative CAM good for? **Annals of Botany**, v. 103, p. 645 – 653, 2009.

HOLTUM J.A.M.; WINTER, K.; WEEKS M.A.; SEXTON T.R. Crassulacean acid metabolism in the ZZ plant, *Zamioculcas zamiifolia* (Araceae), v. 94, p. 1670–1676, 2007.

KARATAS BS; AKKUZU E; UNAL HB; ASIK S; AVCI M. Using satellite remote sensing to asses irrigation performance in water user associations in the Lower Gediz Basin, Turkey. **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 982-990, 2009.

KATERJI, N.; VAN HORN, J. W.; HAMDY, A.; MASTRORILLI, M. Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. **Agricultural Water Management**, n. 1815, p. 1-30, 2003.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 1. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 452 p. 2004.

LEITE, M. L. M. V. **Avaliação de clones de palma forrageira submetidos a adubações e sistematização de informações em propriedades do Semiárido paraibano**. 2009. 186 f. (Tese de Doutorado), Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2009.

LIMA, L. R. **Viabilidade econômica do sistema consorciado palma forrageira - sorgo em condições irrigadas no Semiárido pernambucano**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015, 56 f.: il. (Dissertação de Mestrado).

LIMA, A. S.; MIRANDA, N. DE O.; MEDEIROS, J. F. DE; BARRETO, H. B. F.; AMARAL JÚNIOR, V. P. Avaliação de parâmetros de salinidade em dois solos submetidos a lâminas crescentes de irrigação com água salina. **Revista Verde**, v.7, n.1, p.154 – 158, 2012.

LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; FARIAS, I.; CUNHA, M. V.; SANTOS, D. C. **Meio Século de Pesquisa com a Palma Forrageira (Opuntia e Nopalea) – ênfase em Manejo**. Recife, PE. 2010.

LÓPEZ-URREA, R.; OLALLA, F.M.S.; MONTORO, A.; LÓPEZ-FUSTER, P. Single and dual crop coefficients and water requirements for onion (*Allium cepa* L.) under semiarid conditions. **Agricultural Water Management**, v.96, p.1031-1036, 2009.

LÜTTGE, U. Ecophysiology of Crassulacean acid metabolism (CAM) **Annals of Botany**, v. 93, p. 629-652, 2004.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do Semiárido Brasileiro**. Brasília, DF, 32 p., 2005.

MORAIS, F. A.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T.; MOTA, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 327-336, 2011.

MORAIS, J. E. F. **Evapotranspiração real efetiva e indicadores agrometeorológicos e econômicos em cultivo de palma forrageira irrigada**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada-PE, 2016, 81 f.: il. (Dissertação de Mestrado).

MOURA, M. S. B.; GALVÍNCIO, J. D.; BRITO, L. T. L.; SOUZA, L. S. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. Clima e água de chuva no Semi-Árido. In: BRITO, L.T.L.; MOURA, M.S.B.; GAMA, G.F.B. (Org.). **Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro**. 1 ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, v. 1, p. 37-59, 2007.

NOBEL, P. S.; BOBICH, E. G. **Environmental biology**. In: P. Nobel (ed.) *Cacti: Biology and uses*. University of California Press, Berkeley, California, 280 p. 2002.

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

NUNES, J. S. L. **Características morfofisiológicas e propriedades biofísicas de cultivares de palma forrageira no Semiárido brasileiro**. Serra Talhada-PE, 2015, 61 f.: il. (Dissertação de Mestrado).

NUNES, R. L. C.; DIAS, N. S.; MOURA, K. K. C. de F.; SOUZA NETO, O. N. de, COSTA, J. M. da. Efeitos da salinidade da solução nutritiva na produção de pimentão cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 4, p. 48 - 53, 2013.

NEVES, A. L. A.; PEREIRA, L. G. R.; SANTOS, R. D. dos; VOLTOLINI, T. V.; ARAÚJO, G. G. L. de; MORAES, S. A. de; ARAGÃO, A. S. L. de; COSTA, C. T. F. **Plantio e uso da palma forrageira na alimentação de bovinos no semiárido brasileiro**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 7 p. 2010.

OLIVEIRA NETO, D. H.; CARVALHO, D. F.; SILVA L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CEDDIA, M. B. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo de beterraba orgânica sob cobertura morta de leguminosa e gramínea. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.330-334, 2011.

OLIVEIRA, F. G.; FERREIRA, P. A.; SANTOS, D. B. dos. GARCIA, G. de O. Índice de estresse hídrico diário do feijoeiro irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p, 6-10, 2005.

OLIVEIRA, F.T.; SOUTO, J.S.; SILVA, R.P.; ANDRADE FILHO, F.C.; PEREIRA JÚNIOR, E.B. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde**, Mossoró – RN, v.5, n.4, p. 27 – 37, 2010.

OSMOND, C.B.; HOLTUM, J.A.M. Crassulacean acid metabolism. In: Photosynthesis. The biochemistry of plants, a comprehensive treatise. HATCH, M. D. e BOARDMAN, N. K. (eds.) **Academic Press**. New York, v. 8, p. 283-328, 1981.

PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. A.; CÉZAR, M. F.; Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador - BA, v.14, n.1, p.77-90, 2013.

PIMENTEL, J. V. F.; GUERRA, H. O. C. Irrigação, matéria orgânica e cobertura morta na produção de mudas de cumaru (*Amburana cearensis*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.9, p.896–902, 2011.

QUEIROZ, M. G. **Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana no Semiárido brasileiro**. 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. 2014.

RANSON S. L.; THOMAS M. Crassulacean Acid Metabolism. **Annual Review Plant Physiology**, v. 11, p. 81-110, 1960.

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

SANTOS, D. C., LIRA, M. A., SILVA, M. C., CUNHA, M. V., PEREIRA, V. L. A., FARIAS, I., FELIX, A. C. Características agronômicas de clones palma resistentes a cochonilha do carmim em Pernambuco In: Congresso Nordestino de Produção Animal, 2008, Aracaju. **Anais...** do V Congresso Nordestino de Produção Animal. Aracaju: SNPA, 2008.

SANTOS, D. C.; LIRA, M. A.; FARIAS, I.; DIAS, F. M.; COSTA, A. F.; PEREIRA, V. L. A.; SILVA, D. M. P. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp), em condições de campo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. **Anais ...** SBZ, João Pessoa, 2006.

SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.J.; DUBEUX JÚNIOR, C. B.; LIRA, M. A.; SILVA R. M. Estratégias para Uso de Cactáceas em Zonas Semiáridas: Novas Cultivares e Uso Sustentável das Espécies Nativas. **Revista Científica Produção Animal**, v.15, n.2, p.111-121, 2013.

SANTOS, D.C.; LIRA, M.A.; DIAS, F.M. Melhoramento genético da palma forrageira. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (Eds.). **A palma no nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. 2º ed., Editora Universitária da UFPE. Recife-PE. p. 27-42. 2005.

SANTOS, M. V. F. dos; FERREIRA, M. de A.; BATISTA, A. M. V. Valor nutritivo e utilização da palma forrageira. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Ed.). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p. 143-162, 2005.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; SALGADO, L. T. Produtividade e exportação de nutrientes em beterraba cultivada com cobertura morta e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.9, p.883–889, 2011.

SILVA, A. C.; LIMA, L. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MARTINS, C. P. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do cafeeiro irrigado por pivô central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.1215–1221, 2011.

SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; SILVA, Ê. F. F.; CUNHA, A. R. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo para a beterraba sob estresse salino em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n.3, p. 375-389, 2014.

SILVA, P. F.; CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, J. C. C.; COSTA, E. S.; BARBOSA, J. T. V. Análise quantitativa da cebolinha irrigada com água salina. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.5, n.3, p.241-251, 2014.

SILVA, T. G. F.; MORAIS, J. E. F.; PEREIRA, P. C.; PINHEIRO, K. M.; BARBOSA, M. L. Palma forrageira irrigada no semiárido brasileiro: balanço de água em um solo com cobertura morta. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS NATURAIS DO SEMIÁRIDO, 2013, Iguatu, CE. **Anais...** Iguatu: SBRNS, 2013.

SILVA, J. A. **Palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-BA, 2012, 78 f.: il. (Tese de doutorado).

SINGELS A; DONALDSON RA; SMIT MA. Improving biomass production and partitioning in sugarcane: theory and practice. **Field Crops Research**, v. 92, p. 291-303, 2005.

STONE, L. F.; SILVERA, P. M.; MOREIRA, J. A. A.; BRAZ, A. J. B. P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.577-582, 2006.

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

VASCONCELOS, A. G. V.; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. L. B.; SANTOS, M. V. F.; WILLADINO, L. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmin (*Dactylopius* sp) **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009.

VESTA, M.; HERPPICH, W.B. & VON WILLERT, D.J. Variability of CAM in leaf deciduous succulents from the Succulent Karoo (South Africa). **Basic and Applied Ecology**, v. 2, p. 283-288, 2001.

WINTER, K. GARCIA, M. & HOLTUM, J. A. M. On the nature of facultative and constitutive CAM: environmental and developmental control of CAM expression during early growth of *Clusia*, *Kalanchoe* and *Opuntia*. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, p. 1829-1840, 2008.

WINTER, K.; SMITH, J.A.C. Taxonomic distribution of Crassulacean acid metabolism. In: Winter K, Smith JAC, eds. **Crassulacean acid metabolism. Biochemistry, ecophysiology and evolution**. Berlin, Springer-Verlag, p.1-13, 1996.

CAPÍTULO 2 – DESEMPENHO PRODUTIVO E EFICIÊNCIA ECONÔMICA NO USO DA ÁGUA EM CLONES DE PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS

RESUMO

Objetivou-se comparar as características estruturais, desempenho produtivo e eficiência do uso da água de clones dos gêneros *Nopalea* e *Opuntia* sob diferentes manejos hídricos. O experimento foi conduzido no município de Serra Talhada-PE (2012/2014), com clones de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia* sp.), IPA Sertânia e Miúda (*Nopalea* sp.), submetidos a três regimes hídricos: sequeiro, irrigação sem cobertura e irrigação com cobertura morta sobre o solo. O experimento foi disposto em delineamento em blocos casualizados, em parcelas subdivididas com três repetições. Foram coletados dados de produtividade na ocasião da colheita. A partir dos dados dos regimes hídricos e de rendimento foram calculados a eficiência do uso da água (EUA), produtividade econômica da água (EWP) e incremento produtivo da água de irrigação (IWP). Não houve interação entre os fatores regimes hídricos e clones ($p>0,05$). Por outro lado, no rendimento de matéria verde (MV) houve diferença significativa ($p>0,05$) com o efeito isolado dos clones e dos regimes hídricos, destacando-se, nessa ordem, o clone Orelha de Elefante Mexicana e a irrigação com cobertura. Em relação a EUA, houve diferença significativa entre os clones, sendo o clone Orelha de Elefante Mexicana o que apresentou maior magnitude (EUA~175,8 t MV ha⁻¹ mm⁻¹ e EUA~15,48 t MS ha⁻¹ mm⁻¹). Conclui-se que o clone Orelha de Elefante Mexicana com os eventos de irrigação apresentou um bom desempenho produtivo com relação aos demais e que a associação da irrigação com o uso de cobertura morta contribuiu como incremento na produção da palma forrageira.

Palavras-chave: Cactáceas, rendimento, eficiência do uso da água, cobertura morta.

CAPÍTULO 2 – PRODUCTIVE PERFORMANCE AND EFFICIENCY IN ECONOMIC USE OF WATER IN PALM CLONES FORAGE MANAGERMENTS UNDER DIFFERENT WATER

ABSTRACT

The objective is to compare structural characteristics, production performance and efficiency of water use clones of *Nopalea* genres and *Opuntia* under different water managements. The experiment was conducted in the city of Serra Talhada-PE (2012/2014), with forage palm clones Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia* sp.), IPA Sertânia and Miúda (*Nopalea* sp.), Submitted to three water systems: rainfed, irrigation without coverage and irrigation with mulch on the soil. The experiment was arranged in a randomized block design with split plots with three replications. They collected data on the productivity of the crop occasion. From the data of water systems and yield were calculated efficiency of water use (EUA), economic productivity of water (EWP) and production increased irrigation water (IWP). There was no interaction among the factors water regimes and clones ($p > 0.05$). On the other hand, the yield of green matter (MV) was no significant difference ($p > 0.05$) with the isolated effect of clones and water systems, highlighting, in that order, the clone Orelha de Elefante Mexicana and irrigation roof. Regarding the EUA, there was a significant difference between clones and clone Orelha de Elefante Mexicana he presented the highest magnitude (EUA~175,8 t MV ha⁻¹ mm⁻¹ e EUA~15,48 t MS ha⁻¹ mm⁻¹). It is concluded that the clone Orelha de Elefante Mexicana with irrigation events showed a good growth performance in relation to others and that the association of irrigation with the use of mulch contributed to an increase in the production of forage palm.

Keywords: Cactuses, yield, water use efficiency, mulching.

1 INTRODUÇÃO

O ambiente semiárido no Brasil é representado por uma área de 969.589,4 km², onde deste montante 60% é predominante na região Nordeste, abrangendo um total de 1.133 municípios (BRASIL, 2005). Suas características são bastante expressivas com relação às irregularidades das chuvas, o que gera sazonalidade na fauna e na flora. A agropecuária é uma das atividades que vem permitindo aos agricultores geração de renda, principalmente pela criação de ruminantes de pequeno porte, que depende de plantas nativas para a sua alimentação (ALMEIDA et al., 2012; LIMA, 2015; SILVA et al., 2015).

A palma forrageira é uma das alternativas viáveis para a produção de forragens na região semiárida, isso porque a mesma apresenta mecanismos morfofisiológicos de adaptação que possibilita a essa planta, uma melhor absorção e aproveitamento da água (OLIVEIRA et al., 2010). Este vegetal apresenta características que possibilita a convivência em ambiente semiárido, a exemplo disso pode-se citar a tolerância ao estresse hídrico, as elevadas temperaturas, e o excesso de radiação (DONATO et al., 2013). O mecanismo fotossintético que possibilita tal adaptação é denominado de Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM), este permite que as cactáceas tenham maior eficiência no uso da água em virtude do fechamento estomático durante o dia e a abertura à noite e uma elevada capacidade de captação diária de CO₂ (DONATO et al., 2013; SILVA et al., 2015).

No Nordeste, as espécies de palma forrageira que mais vem sendo cultivadas são a *Opuntia stricta* e a *Nopalea cochenillifera*, principalmente pelos clones Orelha de Elefante Mexicana, IPA Sertânia e Miúda. Estes por sua vez destacam-se por serem bem adaptados às características do semiárido, imune a cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp.) e por apresentarem bons rendimentos (ARAÚJO PRIMO, 2013).

Segundo Oliveira et al. (2010) para que ocorra um bom desenvolvimento da palma, assim como tantas outras, é necessário que seja levada em consideração algumas ações de adequação no que diz respeito ao manejo da cultura, aos fatores ambientais e o potencial genético da variedade. A irrigação é um dos manejos que vem sendo adotado em alguns experimentos como medida de otimização no desenvolvimento da cultura, sendo uma técnica que visa suprir as limitações edafoclimáticas e hídricas (QUEIROZ, 2014).

O uso da irrigação na palma forrageira é algo muito recente e que necessita de maiores informações a respeito das exigências hídricas da cultura. Para isso devem ser levadas em consideração as condições da demanda atmosférica, o conteúdo de água de solo e a tolerância

da planta perante as perdas hídricas no ambiente (QUEIROZ, 2014; SILVA et al., 2011). O emprego da irrigação é feito com a intenção principal de potencializar a produção da cultura, porém na realidade atual são muitos os desafios perante a escassez de recursos hídricos, frente à necessidade de produção de alimentos com qualidade e em quantidade (CUNHA et al., 2013).

Diante deste panorama a adoção da irrigação constitui uma técnica muito importante do ponto de vista econômico e ambiental, tendo a intenção de estabelecer a economia hídrica e energética, contribuindo para o aumento da produtividade da cultura e melhoria na qualidade do produto, levando sempre em consideração a sustentabilidade. No Brasil uma grande parte dos agricultores não estabelece nenhuma estratégia para uso racional da água de irrigação, sendo aplicadas quantidades de água que partem da experiência individual e empírica ocasionando em lâminas de água inadequadas que podem estar gerando ou não o decréscimo da produtividade das culturas. (BONOMO et al., 2014, BONOMO et al., 2013, CUNHA et al, 2013, OLIVEIRA et al., 2011).

Perante esta realidade, Silva et al (2011), relata que a quantidade de água a ser aplicada no manejo da irrigação, deve ser associada normalmente à capacidade da superfície do solo e da vegetação de perder água para a atmosfera, sendo o conjunto desses processos denominado de evapotranspiração. Tais dados são contribuintes para a elaboração de um planejamento agrícola, visando o aumento nos ganhos financeiros e a redução dos custos acerca do consumo hídrico e energético (SILVA et al., 2011; PAYERO et al., 2013; QUEIROZ, 2014).

Nesse sentido os efeitos que o uso de águas salinas na irrigação pode estar provocando no meio ambiente e no desempenho dos vegetais. O uso destas águas acontece frequentemente, porém com maior preponderância nos períodos secos, ou seja, quando a demanda hídrica é mais elevada e as chuvas são insuficientes para o suprimento de água as culturas agrícolas (FONTES JÚNIOR et al., 2012).

Segundo Silva et al. (2014), a salinidade na agricultura é um problema que atinge a região semiárida devido à qualidade da água de irrigação utilizada. De acordo com Silva et al. (2013) e Lima (2015), as fontes de extração da água nessa região, geralmente são provenientes de poços artesianos, rios e barragens que apresentam teores altos ou moderados de salinidade, que associado ao manejo incorreto da irrigação, pode ocasionar problemas com a salinidade dos solos.

Dentre estes problemas, o estresse salino pode provocar alterações nos mecanismos bioquímicos e fisiológicos da planta, afetando a assimilação de CO₂, a síntese de proteínas, resistência estomática, inibição dos efeitos osmóticos entre outros danos metabólicos e funcionais, resultando no crescimento e produtividade das culturas desproporcionais ao interesse do produtor (SOUSA et al., 2011; MORAIS et al., 2011; NUNES, 2015;).

Para tanto, como a escassez e disponibilidade de água de boa qualidade são um dos fatores limitantes na produção agrícola no ambiente semiárido, a água salina acaba se tornando uma alternativa importante na prática da irrigação, desde que se garanta o uso de tecnologias para evitar maior impacto nas áreas irrigadas (FERREIRA NETO et al., 2002; SILVA et al., 2014).

Neste contexto é indispensável a elaboração de algumas estratégias que visem à mitigação dos impactos negativos que o uso da água salina promove. Dentre as estratégias podem ser destacadas: a escolha de espécies mais tolerantes, a utilização nos estádios de maior tolerância das culturas, a mistura de águas com diferentes qualidades, o uso cíclico de fontes de água com diferentes concentrações salinas, sistemas de irrigação que disperse o mínimo possível de água, a frequência e quantidade de água aplicada, o uso de cobertura morta, e entre outras estratégias que são descritas como praticas que colaboram para a otimização produtiva (LACERDA et al., 2009; CARVALHO et al., 2011; COSTA et al., 2013; MORAIS et al., 2011).

Na literatura existem citações de cultivares de plantas que estão tornando-se tolerantes ao estresse salino, isso pode estar relacionado à capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas possuem ou adquirem ao longo do tempo, que permite absorver água e nutrientes, mesmo em condições de salinidade elevada (Santana et al., 2003). Entretanto, não são todas as plantas que respondem igualmente à salinidade, umas produzem rendimentos economicamente viáveis sob elevados níveis de salinidade, e existem outras que são sensíveis mesmo em condições de salinidade relativamente baixa (SILVA et al., 2014).

A cobertura morta vegetal é um tipo de técnica que vem apresentando resultados significativos na produtividade de várias culturas, por promover inúmeras vantagens como: maior retenção hídrica, incorporação de matéria orgânica e de nutrientes essenciais, controle das plantas espontâneas, controle da variação da temperatura no solo, redução da compactação do solo e da taxa de evapotranspiração, aumentando os intervalos da irrigação e a eficiência no uso da água, proporcionando melhores desempenhos e retorno econômico (ANDRADE et al 2002; COSTA et al 2007; FERREIRA et al 2011; PIMENTEL et al 2011;

SANTOS et al 2012). Esse incremento também pode ser usado como fonte alternativa, para reduzir os danos que as águas salinas usadas na irrigação causam no solo (SEDIYAMA et al 2011; CARVALHO et al 2011).

Com base no exposto, objetivou-se comparar as características estruturais, desempenho produtivo e eficiência do uso da água de clones dos gêneros *Nopalea* e *Opuntia* sob diferentes manejos hídricos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi conduzida a partir de dados coletados no período correspondente entre o abril/2012 a março/2014, na área experimental do Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA, localizado no município de Serra Talhada - PE (latitude: 7°59'S, longitude: 38°15'O e altitude: 431 m), na região semiárida, no Vale do Pajeú. O clima local é caracterizado do tipo BSh, de acordo com a classificação de Koppen (ALVARES et al., 2014). O solo da área experimental é do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico franco arenoso conforme a classificação da Embrapa (2006).

Nesta área foram estudadas as seguintes variedades de clones de palma forrageira (Figura 1): IPA Sertânia - IPA (*Nopalea cochenillifera*), Miúda – MIU (*Nopalea cochenillifera*) e Orelha de Elefante Mexicana – OEM (*Opuntia stricta*) sob três tipos de manejos hídricos diferenciados: sequeiro, irrigação sem cobertura vegetal morta e irrigação com cobertura vegetal morta.



Figura 1. Clones de palma forrageira (A) IPA Sertânia, (B) Miúda e (C) Orelha de Elefante Mexicana. **Fonte:** O autor.

O experimento foi disposto em delineamento em blocos casualizados, com esquema fatorial de 3x3 sendo três repetições, as parcelas os manejos hídricos e as subparcelas os clones, cada parcela apresentou quatro fileiras com 20 plantas por fileira, resultando em 27 subparcelas dos quais 10,24 m² (3,2 x 3,2m) eram de área útil. A área total do experimento

compreendeu 691,2 m². Nos dois manejos hídricos com o uso da irrigação, adotou-se eventos com 35% da ETo, sendo realizada a irrigação três vezes por semana, através do sistema por gotejamento com vazão de 1,5 L h⁻¹ sob a pressão de 1,0 atm. A água utilizada para a prática da irrigação na área foi captada no açude Saco, situado nas instâncias do IPA, que possui condutividade elétrica variando de 1,1 a 1,6 dS m⁻¹ ao longo do tempo. A cobertura morta adotada foi obtida a partir dos restos de ervas espontâneas presentes em torno da área experimental, equivalente a 18 t ha⁻¹.

A estimativa da evapotranspiração de referência foi calculada através do método de Penman Monteith, parametrizado no boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998), conforme a Equação 1, onde os dados meteorológicos diários da radiação solar global, temperatura e umidade relativa média do ar, velocidade do vento e pressão atmosférica foram obtidos por meio da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada no município de Serra Talhada - PE nas proximidades da área experimental. Na estação automática, além dos dados meteorológicos coletados foi registrada a precipitação pluviométrica.

$$E_{To} = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) u_2 (e_s - e)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$$

Em que:

ETo - evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;

Rn - saldo de radiação, MJ m⁻² d⁻¹;

G - densidade de fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹;

Tmed - temperatura média diária do ar a 2m de altura, °C;

u₂ - velocidade do vento média diária a 2m de altura, m s⁻¹;

e_s - pressão de saturação do vapor média diária, kPa;

e_a - pressão atual de vapor média diária, kPa;

Δ - declividade da curva de pressão de vapor, kPa °C⁻¹;

γ - constante psicrométrica, kPa °C⁻¹

As características estruturais foram coletadas em três plantas por subparcela em cada tratamento, onde foram registrados valores de altura e largura das plantas, número de cladódios por planta, comprimento, largura, perímetro, espessura e área dos cladódios. Todas as medidas biométricas dos clones foram obtidas com a utilização de fitas métricas e

paquímetros, exceto a área foliar que foi determinada por meio de equações matemáticas específicas de cada clone conforme citados por Silva et al. (2014b).

Na colheita foram obtidos os rendimentos por meio da amostragem e pesagem das plantas. Para isso utilizou-se uma balança portátil de 5g de precisão. A biomassa seca da parte aérea da palma foi feita por amostragem, pesagem e secagem de dez cladódios representativos da parcela útil, sendo acondicionados em sacos de papel em uma estufa com ventilação forçada a temperatura de 65°C, até atingir a massa constante. A extrapolação dos dados de biomassa seca por hectare será realizada utilizando os dados dos dez cladódios, o número médio de cladódios por planta e do número final de plantas por parcela experimental, obtendo com isso também a produtividade das culturas, em toneladas por hectare.

Os indicadores de eficiência serão calculados a partir das lâminas de água recebidos pela cultura, produtividade e ganho econômico bruto dos clones, utilizando as fórmulas equacionais descritos a seguir:

Eficiência do uso da água

$$EUA = \frac{Y}{L} \quad (2)$$

Sendo:

EUA: eficiência do uso da água, m³ ha⁻¹; Y: rendimento da cultura da palma nos sistemas de irrigação com cobertura vegetal morta e irrigação sem cobertura vegetal morta, kg ha⁻¹; L: lâmina total de água recebida pela cultura durante o ciclo, m³.

A análise da produtividade econômica da água de irrigação

$$EWP = \frac{GE}{L} \quad (3)$$

Sendo:

EWP: Produtividade econômica da água de irrigação; GE: Ganho líquido da cultura expresso em reais (R\$), sendo considerado dois destinos principais: venda da palma como forragem para fins de alimentação animal (R\$ 100,00 por cada tonelada) e venda do cladódio para uso como semente/plantio (R\$ 0,15 a unidade);

A análise do incremento da água de irrigação na produtividade

$$IWP = \frac{RTI - RTS}{L} \quad (4)$$

Sendo:

IWP: Incremento produtivo da água de irrigação; RTI: Rendimento total da cultura com o uso da irrigação; RTS: Rendimento total da cultura em condições de sequeiro.

Os dados biométricos, produtividade e indicadores de eficiência dos tratamentos experimentais, foram submetidos ao teste de normalidade, homocedasticidade e a análise de variância (ANOVA), em seguida, quando a mesma foi significativa, realizar-se a comparação dos seus valores médios utilizando o teste de Tukey, ao nível de significância de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram feitas por meio do software Statistica v-7 e os resultados foram expostos a partir de gráficos gerados utilizando o software Sigmaplot, v.10.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre os fatores regimes hídricos e clones ($p > 0,05$). Os clones de palma forrageira conforme dados apresentados na Tabela 1, apresentaram efeitos significativos nas variáveis: peso fresco do cladódio (PFC), peso seco do cladódio (PSC) índice de área do cladódio (IAC) e largura da planta (LP). Como mostrado na tabela, o peso fresco do cladódio (PFC), entre os clones OEM e IPA não houve diferença significativa ($p > 0,05$), onde o clone MIU apresentou a menor média nesta variável.

Com relação ao peso seco do cladódio (PSC), houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os clones, do qual o clone OEM destacou-se apresentando a melhor média, seguido do clone IPA e por último o clone MIU. Tais desempenhos podem ser associados a alguns aspectos morfológicos pertinentes aos clones OEM e IPA que emergem cladódios com maiores tamanhos quando comparado ao clone MIU, contribuindo assim para uma distinção de peso nessa variável.

Quando se trata do IAC o clone OEM, apresentou a melhor média, porém não se diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) do clone MIU, que por sua vez não diferenciou da IPA. Silva et al. (2014b) obtiveram valores do IAC, semelhantes ao presente trabalho, onde os maiores valores foram obtidos pela Miúda, entretanto, não apresentou diferenças dos clones Orelha de Elefante Mexicana e IPA Sertânia. Morais (2016), quando em seu trabalho analisou a estimativa da água acumulada na planta em função do IAC, encontra valores como 85% para a OEM, 83% para a MIU e 79% para IPA, o que aproxima dos resultados adquiridos nesta pesquisa, principalmente pelos manejos hídricos adotados que contribuíram para o crescimento vegetativo. Estes valores podem estar associados a maior magnitude do índice de área do cladódio do clone OEM do gênero *Opuntia*, contribuindo para maior área de seus cladódios, quando comparados aos dois clones do gênero *Nopalea* (SILVA et al., 2015).

Para a largura da planta (LP), o clone Miúda apresentou maior desempenho, porém quando comparado com os demais clones, não se diferiram estatisticamente entre si ($P < 0,05$). Registros desta variável para os clones IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana são insuficientes, isso quando comprado ao clone Miúda. Sabendo disso, Silva et al, (2010), avaliaram 49 clones do gênero *Opuntia* e apenas um do gênero *Nopalea*, obteve uma largura média das plantas de aproximadamente 71,5 cm, sendo o coeficiente de variação de 30,6%.

O conhecimento dessa característica morfológica torna-se de suma importância, por influenciar indiretamente na interceptação da radiação pelas plantas, sendo um dos fatores ambientais que determinam o crescimento e desenvolvimento das plantas (CARON et al.,

2012; CASAROLI et al., 2007) Queiroz (2014) verificou no cultivo de palma irrigada, que as características como altura e largura da planta sofrem um eventual decréscimo de suas taxas por ocasião do aumento da lâmina de água aplicada, indicando que uma maior disponibilidade hídrica reduz a capacidade de utilização de água em crescimento.

Tabela 1. Efeito de clones no crescimento da palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea cochenillífera*), Miúda (*Nopalea cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*) a partir das diferentes condições de água recebida durante todo o período experimental, que correspondeu de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE.

Variável	IPA	MIU	OEM
PFC	708,20a	326,70b	823,97a
PSC	57,14b	29,50c	75,46a
IAC	0,85b	1,18ab	1,86a
LP	66,1b	90,89a	78,81ab

* PFC = Peso fresco do cladódio; PSC = Peso seco do cladódio; IAC = Índice de área do cladódio; LP = Largura da planta. **Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na horizontal não diferem entre si estatisticamente ($p > 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Com relação aos efeitos de sistemas, houve respostas significativas para variáveis como peso fresco do cladódio (PFC), espessura do cladódio mãe (ECM) e espessura do cladódio de primeira ordem (EC1) Tabela 2. O peso fresco do cladódio (PFC), apresentou maior média (707,08) na condição irrigado com cobertura vegetal morta-ICC, porém não se diferenciou estatisticamente ($p > 0,05$) da condição irrigado sem cobertura vegetal morta-ISC (638,28), que por sua vez não se diferiu da condição de sequeiro-S (513,51).

Segundo Queiroz (2014) a irrigação com uma lâmina de 1096 mm, proporcionou aos cladódios maior disponibilidade hídrica, tornando-as mais detentoras de massa verde e água em detrimento da quantidade menor no número de cladódios por ordem. Nunes (2015), nas mesmas condições deste trabalho, obteve valores em torno de $2,15 \text{ t ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ no primeiro ciclo produtivo, apontando a cobertura morta como um incremento no desenvolvimento da cultivar.

Quando analisado a ECM, como efeito de clones estatisticamente não se diferenciaram ($p > 0,05$), estes apresentaram em média uma espessura igual a 35,28 mm. Porém a ECM sofreu influência do sistema ICC, se diferenciando dos demais sistemas ($P < 0,05$), que por sua vez, não se diferiram estatisticamente. A EC1 também apresentou melhor média (29,43) na condição ICC, no entanto, estatisticamente ($P < 0,05$) não se distinguiu das condições ISC, que também não conseguiu distinguiu da condição S.

Oliveira Junior et al. (2009), ao avaliar o crescimento vegetativo da palma *Opuntia ficus-indica* Millem em função do espaçamento no cariri Paraibano, sob condições de sequeiro, encontrou uma média de 4,01 mm de espessura para o cladódio de primeira ordem em períodos e condições climáticas semelhantes ao deste trabalho usando apenas adubação orgânica. Sales et al. (2013) no Curimataú, em condições iguais às de Oliveira Junior, encontrou uma média de 2,39 mm. Tais médias quando comparada a da ICC, mostra a importância da aplicação de incrementos na produção da palma forrageira, caracterizando-se no diferencial do resultado, trazendo com isso retornos ao produtor.

Tabela 2. Efeito de sistema sobre as características estruturais do cladódio, em relação ao manejo hídrico, durante todo o período experimental de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE.

Variável	S	ISC	ICC
PFC	513,51b	638,28ab	707,08a
ECM	31,44b	33,80b	40,63a
EC1	18,81b	23,81ab	29,43a

* PFC = Peso fresco do cladódio; ECM = Espessura do cladódio mãe; EC1 = Espessura do cladódio de primeira ordem ** Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na horizontal não diferem entre si estatisticamente ($p > 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Na figura 2 são apresentados os rendimentos totais de matéria verde (MV) e seca (MS), obtidas aos 18 meses após o corte dos clones de palma forrageira IPA Sertânia - IPA, Miúda – MIU e Orelha de Elefante Mexicana – OEM em função dos efeitos dos clones e regimes hídricos. Analisando os efeitos dos clones de palma forrageira sobre a matéria verde (Figura 2 A), observou-se que o clone OEM apresentou maior produtividade em matéria verde (195,70 ton MV ha⁻¹) quando comparada aos clones IPA (126,12 ton MV ha⁻¹) e MIU (99,73 ton MV ha⁻¹) que não se diferenciaram entre si ($p > 0,05$).

Silva et al (2014a), trabalhando com os mesmos clones em condição de sequeiro, encontrou resultados aproximados para a produção de biomassa verde, no clone de Orelha de Elefante Mexicana (163,0 ton MV ha⁻¹) onde o mesmo não se diferenciou dos demais clones. Nunes (2015) ao analisar a morfogênese, constatou que o clone Orelha de Elefante Mexicana teve as maiores magnitudes de suas taxas de crescimento relativo no primeiro ano, enquanto no segundo ano as cultivares do gênero *Nopalea* se destacaram.

Leite (2009) obteve uma produtividade para Miúda e IPA Sertânia, pertencentes ao gênero *Nopalea* sp., quando comparadas a outras variedades analisadas, foram as que apresentaram menores rendimentos no Semiárido paraibano. Santos et al. (2006) obtiveram

uma rentabilidade média de 386,36 t MV ha⁻¹ 2anos⁻¹ para o clone Miúda, adotando o espaçamento de 1,0 x 0,5 m e adubação de 20 t de esterco bovino por hectare, isso nas condições ambientais dos municípios de Caruaru, Arcoverde, e São Bento do Una, PE. O resultado apresentado é bem superior ao obtido no presente estudo, do qual pode ser levado em consideração as diferenças climáticas entre as regiões, como um propulsor para um melhor desempenho.

Em relação ao rendimento em matéria seca (Figura 2 B), o clone OEM apresentou a maior produtividade (17,67 ton MS ha⁻¹), diferindo estatisticamente ($P > 0,05$) dos clones IPA (10,28 ton MS ha⁻¹) e MIU (9,25 ton MS ha⁻¹) que por sua vez não conseguiram diferenciar-se entre si ($p > 0,05$). Silva et al (2015), nas condições de sequeiro, encontrou valores semelhantes de matéria seca sendo (15,6 ton MS ha⁻¹) para o clone OEM, (10,7 ton MS ha⁻¹) para o clone IPA e de (11,5 ton MS ha⁻¹) para o clone MIU, dos quais não se diferenciaram estatisticamente ($P > 0,05$), tendo o clone Miúda apresentado um melhor valor quando comparado ao resultado obtido para o mesmo clone nesta pesquisa.

Morais (2016), adotando três lâminas de irrigação (2,5, 5,0 e 7,5) e intervalos de (7, 14 e 28 dias) de reposição de água no solo para cada lâmina, obteve rendimentos de matéria seca bem inferiores aos já mencionados apresentando médias de 6,56 ($\pm 1,11$) ton ha⁻¹ para o clone OEM, 4,12 ($\pm 0,72$) ton ha⁻¹ para o clone IPA e 4,20 ($\pm 0,91$) ton ha⁻¹ para o clone MIU. Menezes et al. (2005), apresenta indícios que auxilia na justificativa para a eventual discrepância, pois ao realizar um levantamento em 50 propriedades rurais de Pernambuco, diagnosticaram uma alta variabilidade na produtividade da palma com 1,8 ton ha⁻¹ ano⁻¹ de MS nos locais de menor produção, e até 17,0 ton ha⁻¹ ano⁻¹ de MS, os locais de maior produção.

Existe grandes variações na palma forrageira, quando se trata do conteúdo de matéria seca, isso em função da cultivar e do manejo adotado (LEITE, 2009). Contudo, esses autores destacam que rendimentos nestas proporções, podem ser considerados expressivos, e que dificilmente são obtidos por outras forrageiras no semiárido, com a qualidade e os benefícios que está proporciona.

Os regimes hídricos não apresentaram estatisticamente efeitos sobre o rendimento de matéria seca dos clones de palma forrageira. Entretanto houve efeitos significativos no rendimento da matéria verde (Figura.2 C), do qual o ICC promoveu uma produtividade de (181,44 ton MV ha⁻¹) para os clones, quando comparado com ISC (120,00 ton MV ha⁻¹) e o S (120,11 ton MV ha⁻¹), o que favorece a dedução que o incremento da irrigação, em conjunto

com a adoção da cobertura morta vegetal sobre o solo, proporciona uma melhoria significativa na produtividade dos clones de palma forrageira. Diante dos resultados apresentados, as médias dos parâmetros produtivos encontrados no presente estudo foram superiores, quando comparados por outros autores (Silva et al., 2010; Nascimento et al., 2011; Nunes, 2015; Silva et al., 2015).

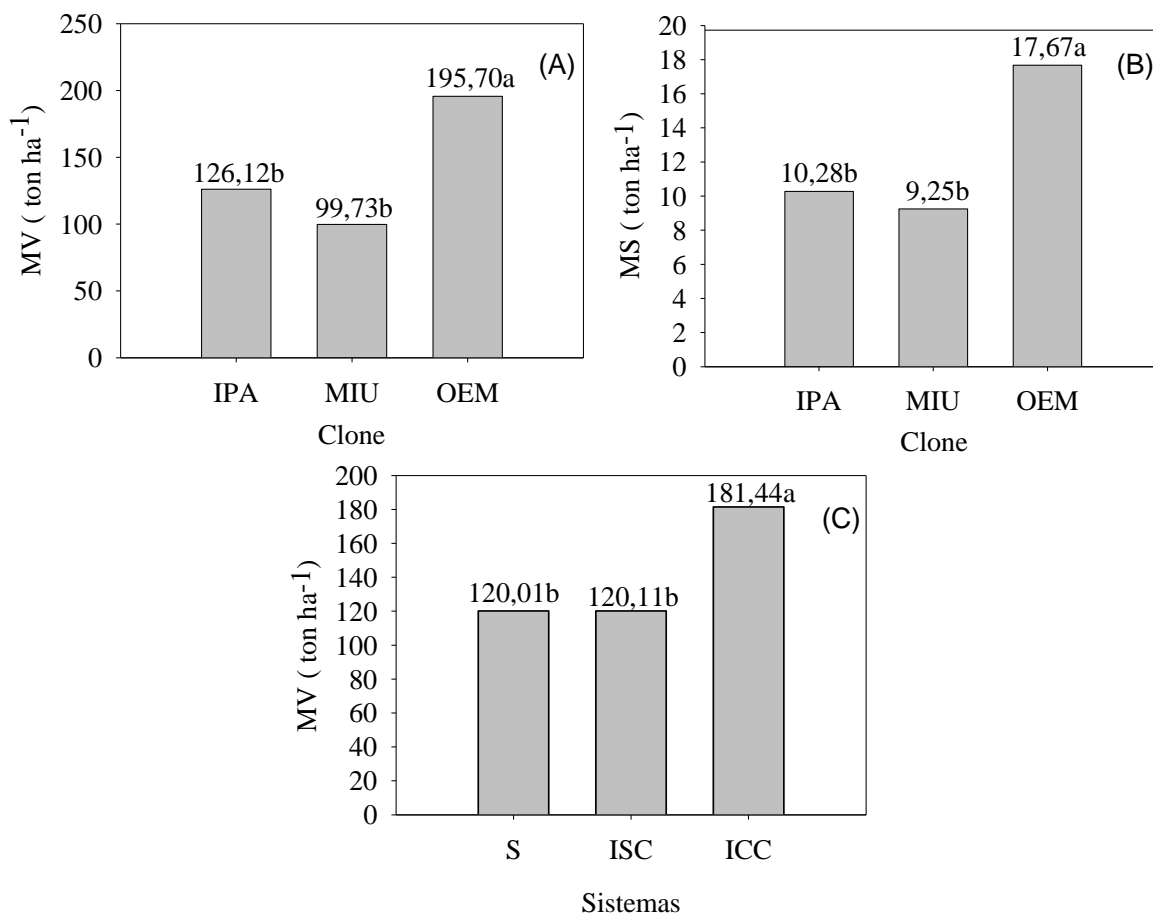


Figura 2. Efeitos de clone (A, B) e regimes hídricos (C) sobre a matéria verde e matéria seca, em relação a produtividade da área experimental, no período de abril/2012 a março/2014, no município de Serra Talhada – PE.

*MV = Matéria verde; MS = Matéria seca; IPA = Clone de palma forrageira IPA Sertânia; MIU = Clone de palma forrageira miúda; OEM = Clone de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana; S = Condição de Sequeiro; ISC = Irrigado sem cobertura; ICC = Irrigado com cobertura; ** Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na horizontal não diferem entre si estatisticamente ($p > 0,05$) pelo Teste de Tukey.

O indicador de eficiência do uso da água (EUA) em base fresca e seca, foi realizada levando em consideração a irrigação e a precipitação acumulada. Para tanto foi percebido uma maior eficiência do uso da água em base fresca e seca (Figuras.3 A e B) para o clone OEM que apresentou maior eficiência em converter água recebida em MV ($175,8 \text{ ton ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) e MS ($15,48 \text{ ton ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), porém não se diferenciou estatisticamente do clone IPA ($117,7 \text{ ton ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) e ($15,48 \text{ ton ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), que por sua vez não apresentou diferenças significativas

entre o clone MIU (83,02 ton ha⁻¹ mm⁻¹) e (7,83 ton ha⁻¹ mm⁻¹) ($p > 0,05$). A média obtida nesse trabalho (125,50 ton ha⁻¹ mm⁻¹) foi superior a citada por Silva et al. (2011) para a cana-de-açúcar (espécie C4) irrigada nas condições do semiárido, do qual obteve 53,6 Kg ha⁻¹mm⁻¹, mostrando dessa forma a eficiência das plantas com metabolismo CAM. Neste contexto, o cultivo de espécies forrageiras perenes, adaptadas as condições do semiárido, é uma importante alternativa para a sustentabilidade da produção nessa região, por apresentar elevada eficiência no uso da água. Experimentalmente, produções anuais de aproximadamente 55 t de matéria seca/ha/ano (Santos et al., 2011) em condições de sequeiro, foram observadas para palma na região semiárida de Pernambuco.

Consoli et al. (2013), na região mediterrânea da Itália, avaliaram a *Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) em um período de 16 meses, plantas com três metros de altura e dez anos de idade, cultivadas para a produção de fruto sob uma lâmina de 1.010,7, obteve uma eficiência do uso da água de 4,6 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹ e 4,4 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹, no período avaliado. Araújo Primo (2013), ao analisar a EUA para clones de palma forrageira (IPA Sertânia, Miúda e Orelha de elefante Mexicana) com dois anos após plantio, em condições de sequeiro no semiárido pernambucano, obteve valores muito abaixo aos obtidos no presente trabalho.

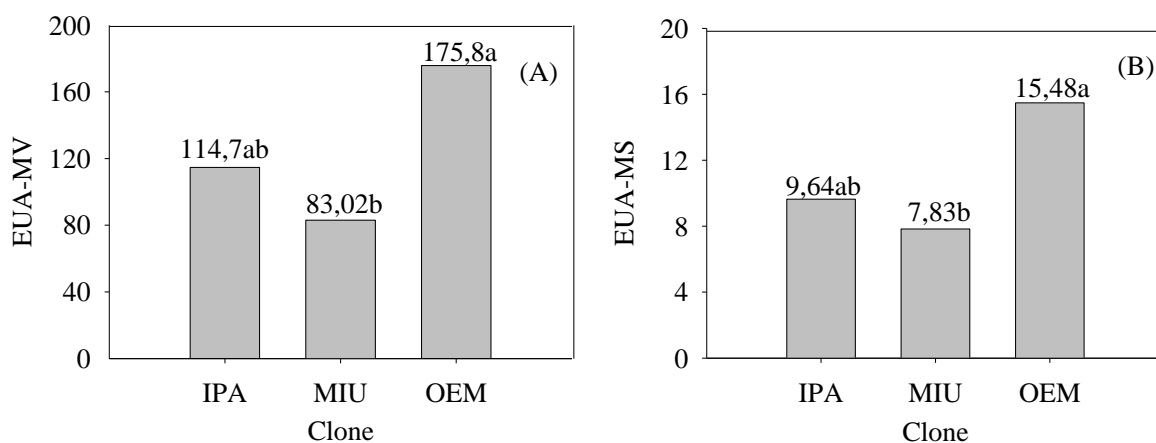


Figura 3. Eficiência no uso da água de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera*), Miúda (*Nopalea cochenillifera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), sob diferentes manejos hídricos, em função do rendimento de matéria verde (A) e seca (B), no período abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE.

*EUA = Eficiência no uso da água; MV = Matéria verde; MS = Matéria seca; IPA = Clone de palma forrageira IPA Sertânia; MIU = Clone de palma forrageira miúda; OEM = Clone de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana; ** Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na horizontal não diferem entre si estatisticamente ($p > 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Com relação a eficiência do uso da água sobre os regimes hídricos em função da matéria verde e seca (Figura.4 A e B), apresentou melhor desempenho na condição de

Sequeiro diferenciando estatisticamente dos outros regimes hídricos, que por sua vez não tiveram eficiências significativamente diferentes entre si ($p > 0,05$). Esse resultado se deve a quantidade de água recebida pela palma, que mesmo sendo abaixo da sua real necessidade, conseguiu produzir de forma satisfatória com uma baixa precipitação, não sendo seguro a associação dessa eficiência ao desempenho produtivo. Moraes (2016), ao analisar a eficiência do uso da água, não encontrou diferenças significativas em relação as lâminas e frequências de irrigação, porém o uso de irrigação promoveu um rendimento produtivo satisfatório.

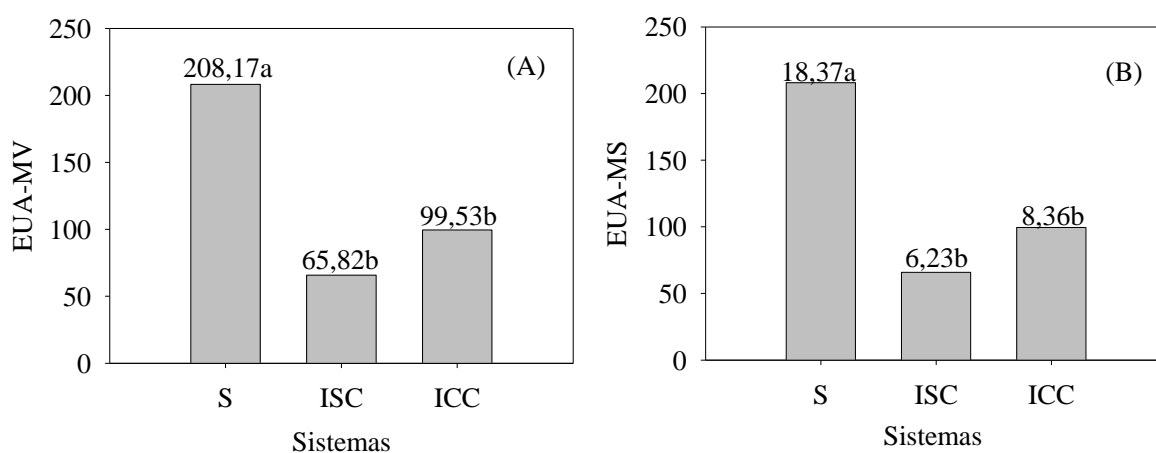


Figura 4. Eficiência no uso da água, nos regimes hídricos, na condição de sequeiro (S), irrigado com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura, em função do rendimento de matéria verde (A) e seca (B), no período de abril/2012 a março/2014, no município de Serra Talhada – PE.

*EUA = Eficiência no uso da água; MV = Matéria verde; MS= Matéria seca; S = Condição de Sequeiro; ISC = Irrigado sem cobertura; ICC = Irrigado com cobertura; ** Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na horizontal não diferem entre si estatisticamente ($p > 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Em relação à produtividade econômica da água (EWP) sobre os rendimentos, foi analisado, levando em consideração o destino da venda como forragem para a alimentação animal (Figura 5.A), onde foi adotado o valor de R\$ 100,00 ton^{-1} , onde apresentou em média um retorno econômico para o produtor de 12,44 R\$ $\text{ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, sendo que o clone OEM apresentou o melhor valor nesse indicador, porém não diferiu estatisticamente do clone IPA, que por sua vez não distinguiu do clone MIU ($p > 0,05$). Moraes (2016) ao avaliar a eficiência produtiva dos mesmos clones aqui estudados, sob diferentes lâminas e frequências de irrigação, encontrou um valor médio de R\$ 10,7 reais por $\text{ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, atribuindo o mesmo valor de venda, apresentando destaque para o clone do gênero *Opuntia*.

Em contrapartida, quando o cladódio foi destinado para venda como “semente” (Figura 5.B) (EWP-SEM.) o retorno econômico foi maior, tendo em média R\$ 68,82 para cada mm^{-1} de água aplicada na cultura, para este fim o clone que apresentou maior resposta foi o Miúda, que não se diferiu estatisticamente dos demais clones ($p > 0,05$). Este resultado se dá, pelo fato da Miúda emitir maior número de cladódios quando comprado aos demais clones de palma forrageira, o que possibilita a este destaque para fins de comercialização como semente (SALES et al., 2013; SILVA et al., 2014b). Entretanto mesmo apresentando maior número de cladódios, este clone ainda apresenta rendimento inferior aos demais clones OEM e IPA.

A produtividade econômica da água, quando relacionada aos sistemas de manejo hídrico (Figura.5 C e D) se destacou na condição de sequeiro, no qual apresentou os maiores valores médios, se diferenciando estatisticamente das demais condições, tanto para o destino final como forragem, como cladódio a serem usados no plantio, uma vez que, recebeu menos água que os outros dois sistemas. Pereira et al. (2012) relata em seu trabalho que o EWP aumenta quando se aplica uma menor quantidade de água, e que esta quantidade, promova desempenhos na cultura.

Com relação ao incremento produtivo da água de irrigação (IWP), não houve diferença significativa entre os clones, apresentando valores de R\$33,73 $\text{ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, para o clone Miúda, seguido da Orelha de Elefante Mexicana R\$ 26,92 $\text{ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ e da IPA Sertânia R\$ 13,16 $\text{ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$. Araya et al (2011), ao trabalhar com o trigo *Eragrostis tef* (Zucc.), verificou que o excesso ou a ausência da irrigação gerou em um baixo IWP, de onde julgou necessário para a otimização da cultura o uso de eventos de irrigação complementar, a partir da precipitação e que atendessem a 90% da necessidade hídrica da cultivar.

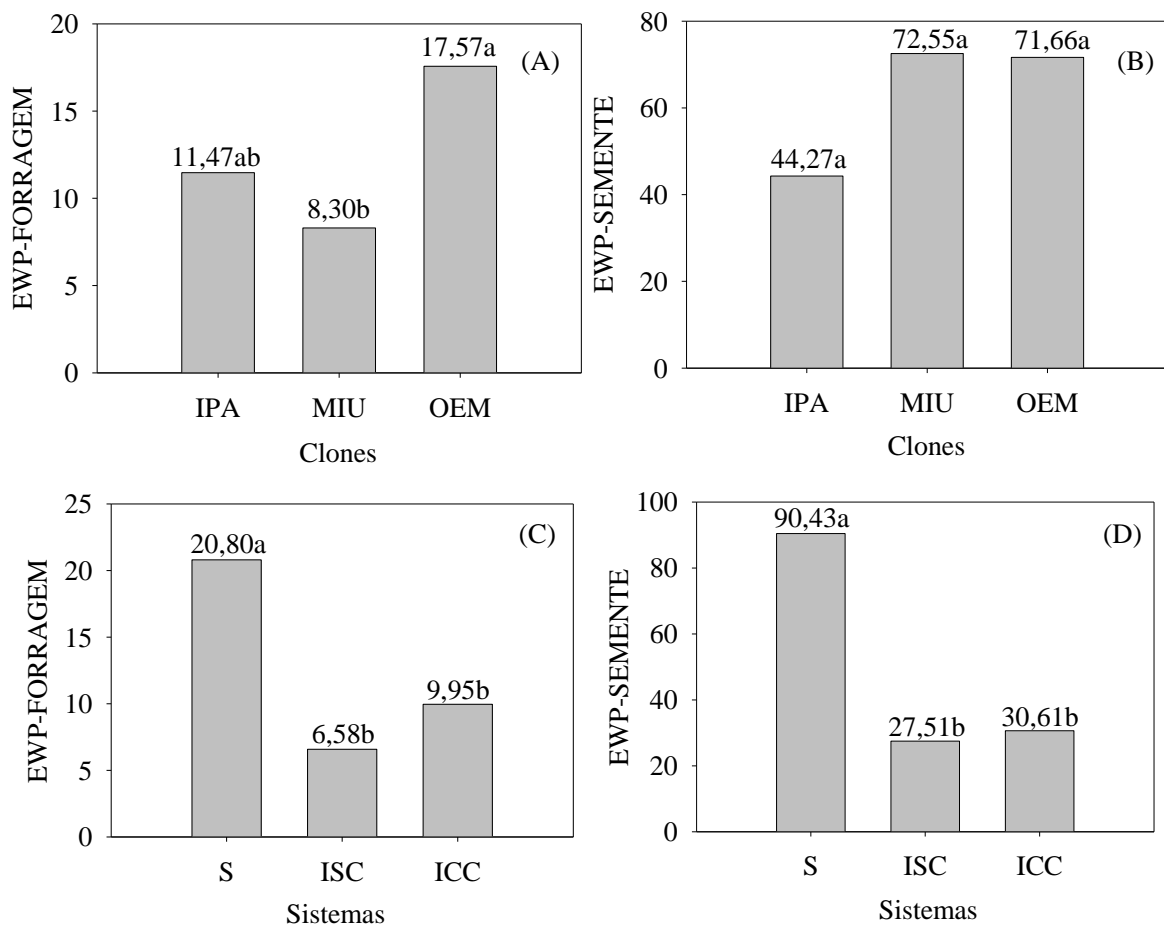


Figura 5. Produtividade econômica da água de clones de palma forrageira (A, B), IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*); E dos regimes hídricos (C, D) irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura e em condição de sequeiro (S), em função do rendimento destinado para venda do Cladódio como forragem e semente.

*EWP = produtividade econômica da água; IPA = Clone de palma forrageira IPA Sertânia; MIU = Clone de palma forrageira miúda; OEM = Clone de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana; MV = Matéria verde; MS = Matéria seca; S = Condição de Sequeiro; ISC = Irrigado sem cobertura; ICC = Irrigado com cobertura; ** Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na horizontal não diferem entre si estatisticamente ($p > 0,05$) pelo Teste de Tukey.

4 CONCLUSÃO

1. A Orelha de Elefante Mexicana (gênero *Opuntia*) é o clone de palma forrageira que obteve melhor desempenho no crescimento produtivo e maior eficiência do uso da água, independentemente da adoção de manejos hídricos diferenciados.
2. O uso de irrigação com água salina aumentou a produtividade dos clones de palma forrageira apenas quando em associação com a cobertura morta.
3. A adoção de manejos hídricos diferenciados com o uso de irrigação e cobertura morta não minimizou a disparidade produtiva dos clones do gênero *Nopalea* em relação ao do gênero *Opuntia*.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMUTH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**, Rome: FAO, 1998, 301p. Irrigation and Drainage Paper 56.
- ALMEIDA, J.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Desempenho vegetativo e produtivo da palma forrageira. **Revista enciclopédia biosfera**, v.8, n.15, p. 571 - 581, 2012.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; GONÇALVEZ, J. L. M.; SENTELHAS, P. C.; SPAROVEK, G. Koppens's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, 711-728, 2014.
- ANDRADE, R. S.; MOREIRA, A. A.; STONE, L. F.; CARVALHO, J. A. Consumo relativo de água do feijoeiro no plantio direto em função da porcentagem de cobertura morta do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.35-38, 2002.
- ARAÚJO PRIMO, J. T. **Dinâmica de água no solo e eficiência do uso de água em clones de palma forrageira no semiárido pernambucano**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada-PE, 2013, 106 f.: il. (Dissertação de Mestrado).
- ARAYA, A.; STROOSNIJDER, L.; GIRMAY, G.; KEESSTRA, S.D. Crop coefficient, yield response to water stress and water productivity of teff *Eragrostis tef* (Zucc.). **Agricultural Water Management**, n.98, p.775-783, 2011.
- BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. M.; MAGIERO, M. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro *Conilon* submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 7, n. 2, p. 157-169, 2013.
- BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PEZZOPANE, J. R. M.; SOUZA, J. M. Alternativas de manejo de água de irrigação em cultivos de *Conilon*. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 537 - 545, 2014.
- CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; COSTA, E. C.; ELOY, E.; BEHLING, A.; TREVISAN, R.; Interceptação da radiação luminosa pelo dossel de espécies florestais e sua relação com o manejo das plantas daninhas. **Ciência Rural**, v.42, n.1, 2012.
- CARVALHO, J. F.; MONTENEGRO, A. A. A.; SOARES, T. M.; SILVA, Ê. F. F.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.3, p.256-263, 2011.
- CASAROLI, D.; FAGAN, E. B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S. P.; MANFRON, P. A.; DOURADO NETO, D.; VAN LIER, Q. J.; MÜLLER, L.; MARTIN, T. N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja - uma revisão. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.14, n.2, p. 102-120. 2007.

COELHO, E. F.; SILVA A. J. P. **Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 26 p. Il, 2013.

CONSOLI, S.; INGLESE, G.; INGLESE, P. Determination of evapotranspiration and annual biomass productivity of a cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) orchard in a Semi-arid Environment. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.139, p.680-690, 2013.

COSTA, D. M. A.; MELO, H. N. S.; FERREIRA, S. R. Eficiência da cobertura morta na retenção de umidade no solo. **Holos**, v. 1, 2007.

COSTA, M. E.; MORAIS, F. A.; SOUZA, W. C. M.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T. Estratégias de irrigação com água salina na mamoneira. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 34-43, 2013.

CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; NASCIMENTO, J. L.; ALVES JÚNIOR, J. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p.735-742, 2013.

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S, L. R.; BONOMO, P.; SILVA, J. A.; AQUINO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 9, núm. 1, p. 151-158, 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: **EMBRAPA-SPI**, 2ed, 2006.

FERREIRA NETO, M.; GHEYI, H. R.; HOLANDA, J. S.; MEDEIROS, J. F.; FERNANDES, P. D. Qualidade do fruto verde de coqueiro em função da irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v.6, n.1, p.69-75, 2002.

FERREIRA, R. L. F.; GALVÃO R. O.; MIRANDA JUNIOR, E. B.; ARAUJO NETO, S. E.; NEGREIROS, J. R. S.; PARMEJANI, R. S. Produção orgânica de rabanete em plantio direto sobre cobertura morta e viva. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 299-303, 2011.

FONTES JÚNIOR, R. V. P.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS T. E. M. Estabilidade temporal da potenciometria e da salinidade em vale aluvial no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.11, p.1188-1197, 2012.

LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, F. L. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão de corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 02, p. 221-230, 2009.

LEITE, M. L. M. V. **Avaliação de clones de palma forrageira submetidos a adubações e sistematização de informações em propriedades do Semiárido paraibano**. 2009. 186 f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2009.

LIMA, L. R. **Viabilidade econômica do sistema consorciado palma forrageira - sorgo em condições irrigadas no Semiárido pernambucano.** Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada-PE, 2015, 56 f.: il. (Dissertação de Mestrado).

MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. et al. Produtividade de palma forrageira 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.** 2.ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p.129-141.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do Semiárido Brasileiro.** Brasília, DF, 32p, 2005.

MORAIS, F. A.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T.; MOTA, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 327-336, 2011.

MORAIS, J. E. F. **Evapotranspiração real efetiva e indicadores agrometeorológicos e econômicos em cultivo de palma forrageira irrigada.** Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada-PE, 2016, 81 f.: il. (Dissertação de Mestrado).

NASCIMENTO, J. P.; SOUTO, J. S.; SANTOS, E. S.; DAMASCENO, M. M.; RAMOS, J. P. F.; SALES, A. T.; LEITE, M. L. M. V. Caracterização morfométrica de *Opuntia ficus-indica* sob diferentes arranjos populacionais e fertilização fosfatada. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.5, p.21-26, 2011

NUNES, J. S. L. **Características morfofisiológicas e propriedades biofísicas de cultivares de palma forrageira no Semiárido brasileiro.** Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada-PE, 2015, 61 f.: il. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA JUNIOR, S.; BARREIRO NETO, M.; RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L. M. V.; BRITO, E. A.; NASCIMENTO, J. P. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido paraibano. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.3, n.1, p.7-12, 2009.

OLIVEIRA, E. C.; CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; FREITAS, W. A. Viabilidade técnica e econômica da produção de ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivada sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v.31, n.2, p. 324-33, 2011.

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

PAYERO, J. O.; IRMAK, S.; Daily energy fluxes, evapotranspiration and crop coefficient of soybean. **Agricultural Water Management**, v.129, p.31– 43, 2013.

PIMENTEL, J. V. F.; GUERRA, H. O. C. Irrigação, matéria orgânica e cobertura morta na produção de mudas de cumaru (*Amburana cearensis*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.9, p.896–902, 2011.

QUEIROZ, M. G. **Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana no Semiárido brasileiro**. 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. 2014.

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

SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A.; SILVA, E.L., Miguel, D.S. 2003. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, vol.27, n.2, p. 443-450, 2003.

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

SANTOS, D. C.; LIRA, M. de A.; FARIAS, I.; DIAS, F. M.; SILVA, F. G. da. Assessment of forage cactus pear varieties for semi-arid conditions of Northeast, Brazil. **Acta Horticulturae**, v.728, p.177-181, 2006.

SANTOS, S. S.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; LEAL, M. A. A.; RIBEIRO, R. L. D. Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p.549-552, 2012.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; SALGADO, L. T. Produtividade e exportação de nutrientes em beterraba cultivada com cobertura morta e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.9, p.883–889, 2011.

SILVA, A. C.; LIMA, L. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MARTINS, C. P. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do cafeeiro irrigado por pivô central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.1215–1221, 2011.

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

SILVA, P. F.; CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, J. C. C.; COSTA, E. S.; BARBOSA, J. T. V. Análise quantitativa da cebolinha irrigada com água salina. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.5, n.3, p.241-251, 2014.

SILVA, P. F.; MATOS, R. M.; BORGES, V. E.; JUNIOR, G. J. D.; NETO, J. D. Crescimento e produção de palma forrageira sob fertilização mineral. **Journal of Agronomic Sciences**, v.4, n.2, p.96-115, 2015.

SILVA, P. F.; FARIAS, S.P.; SANTOS, C.S.; BARROS, A.C.; CARNEIRO, P.T. Perfil da irrigação e qualidade da água nos perímetros irrigados do Município de Arapiraca-AL. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró, v. 8, n. 1, p. 184-189, 2013.

SILVA, T. G. F.; MIRANDA, K. R.; SANTOS, D.C.; QUEIROZ, M. G.; SILVA, M. C.; CRUZ NETO J. F.; ARAÚJO, J. E. M. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.4, p.633-641, 2014b.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C.; Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10 – 18, 2015.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; 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. **Revista Bragantia**, V.73, n.2, p. 184-191, 2014a.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. S.; FARIAS JÚNIOR, W.G. Demanda hídrica e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.1257- 1265, 2011.

SOUSA, A. B. O.; BEZERRA, M. A.; FARIAS, F. C. Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.4, p.390–394, 2011.

CAPÍTULO 3 – RENTABILIDADE ECONÔMICA DO USO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA

RESUMO

Objetivou-se analisar a rentabilidade econômica de sistemas de plantio da palma forrageira, adotando manejos hídricos diferenciados. O experimento foi conduzido no município de Serra Talhada-PE (2012/2014), com clones de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (OEM), IPA Sertânia (IPA) e Miúda (MIU), submetidos a três regimes hídricos: sequeiro (S), irrigação sem cobertura (ISC) e irrigação com cobertura morta (ICC) sobre o solo. O experimento foi disposto em delineamento em blocos casualizados, em parcelas subdivididas com três repetições. Foram coletados dados de produtividade na ocasião da colheita. Foi feito um levantamento de custos de produção para estudo da viabilidade econômica. Os dados produtivos foram analisados por meio da receita líquida e a relação benefício/custo da palma destinada à venda para forragem ou como “semente”, adotando simulações para quatro ciclos em função da vida útil do sistema de irrigação. Houve diferenças significativas ($p>0,05$), com o efeito isolado dos clones e dos regimes hídricos perante as receitas analisadas, destacando-se, nessa ordem, a OEM como forragem, a MIU como semente, e o ICC. O destino como forragem, o clone OEM apresentou a receita líquida média de R\$ 4.745,49 e a relação benefício/custo de 0,57, indicando a não viabilidade econômica para 18 meses. Já considerando a venda dos cladódios como “semente”, a Miúda apresentou valores superiores de receita líquida e benefício/custo, com média de R\$ 57.902,55 e 6,95, respectivamente, ou seja, para cada R\$ 1,00 de investimento no sistema de produção de palma forrageira irrigada há um retorno médio de R\$ 6,95. Contudo, a venda dos cladódios como semente mostrou-se viável economicamente com a adoção do sistema de irrigação.

Palavras-chave: Receita líquida, benefício custo, forragem, semente

CAPÍTULO 3 – PROFITABILITY ECONOMIC IRRIGATION WATER USE IN PALMA FORAGE CLONES GROWING

ABSTRACT

This study aimed to analyze the economic profitability of the cactus pear planting systems, adopting differentiated water management. The experiment was conducted in the city of Serra Talhada-PE (2012/2014), with cactus pear clones Orelha de Elefante de Mexicana (OEM), IPA Sertânia (IPA) and Miúda (MIU), submitted to three water regimes: rainfed (S), irrigation without coverage (ISC) and irrigation with mulch (ICC) on the ground. The experiment was arranged in a randomized block design with split plots with three replications. They collected data on the productivity of the crop occasion. It was done a survey of production costs for the study of economic viability. The experiment was arranged in a randomized block design with split plots with three replications. They collected data on the productivity of the crop occasion. It was done a survey of production costs for the study of economic viability. The production data were analyzed by means of net revenue and the benefit / cost Palm intended for sale for fodder or as "seed", applying simulations for four cycles due to the life of the irrigation system. There were significant differences ($p > 0.05$), with the effect of isolated clones and water systems before the analyzed revenue, highlighting, in that order, the OEM as fodder, the MIU as seed, and the ICC. The fate as fodder, OEM clone showed the average net income of R\$ 4.745,49 and the benefit / cost ratio of 0,57 indicating no economic viability for 18 months. Already considering the sale of cladodes as "seed" the Miúda showed higher values of net revenues and cost / benefit, averaging R\$ 57.902,55 and 6,95, respectively, that is, for every R\$ 1.00 investment in irrigated forage palm production system for an average return of R\$ 6,95. However, the sale of cladodes as seed shown to be economically viable with the adoption of the irrigation system.

Keywords: net revenue, cost benefit, forage seed

1 INTRODUÇÃO

A palma forrageira, é uma cactácea amplamente usada como fonte de alimento para animais ruminantes, em períodos de estiagem, quando a oferta de alimento é bem menor que a demanda, destacando-se principalmente em regiões áridas e semiáridas, podendo atingir a partir das condições de manejo adequadas, valores acima de 150 ton de matéria verde por hectare (CUNHA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2010; ALMEIDA, 2012).

Os gêneros dessa cactácea que vem ganhando destaque no Brasil são a *Opuntia* e *Nopalea*, devido os seus expressivos rendimentos e por apresentar algumas cultivares imunes à cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp.), que é conhecida como uma das principais pragas no cultivo da palma forrageira, devido seu altíssimo dano econômico (OLIVEIRA JUNIOR 2009; ARAÚJO PRIMO, 2013).

Dentre as cultivares resistentes a esta praga, o estado de Pernambuco apresenta predominância no cultivo da IPA Sertânia e Miúda ou doce (*Nopalea cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*). Além disso, esses gêneros apresentam inúmeras características anatômicas e morfofisiológicas de adaptação às condições do ambiente semiárido (SALES et al., 2013).

Estas características possibilitam uma elevada eficiência no uso da água, ao é promovida pelo metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), que a depender das condições edafoclimáticas, fecham seus estômatos durante o dia, abrindo-os normalmente a noite, reduzindo a perda de água para o ambiente, e promovendo também uma elevada capacidade de captação de CO₂, o que contribuem para rendimentos relevantes, em baixas condições pluviométricas, tornando a palma uma excelente opção agrícola nas condições do semiárido (TOSTO et al., 2007; SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2015).

Sabendo desta importância, existe uma grande carência de estudos voltados ao desempenho da palma submetidos a diferentes manejos hídricos, de forma que estes possam contribuir na melhoria da cultura, apresentando respostas significativas e oportunizando o conhecimento das exigências hídricas que cada cultivar possui, isso com o intuito de potencializar a produtividade (COSTA et al., 2012; QUEIROZ et al., 2015).

E nesse aspecto de otimização da produção da palma forrageira, o emprego da irrigação complementar vem se mostrando em alguns experimentos, um incremento viável para a obtenção de melhores rendimentos produtivos. Porém, por não ser uma prática habitual “irrigar palma” pelos produtores, é necessária uma exposição dos reais benefícios produtivos

e econômicos do uso da irrigação, principalmente quando se é adotado algum outro incremento como por exemplo o uso de cobertura morta vegetal (MORAIS 2016).

Deste modo, além de contribuir para uma maior eficiência no uso da água de irrigação, a cobertura morta promove uma série de benefícios a serem usados pela cultura, como a inserção de material orgânico, controle das plantas daninhas, controle térmico e hídrico da vegetação, redução da evapotranspiração e efeitos de compactação do solo, sendo uma técnica de baixo custo para o produtor que em contrapartida é beneficiado com aumento produtivo de biomassa e na redução de custos na operação do sistema de irrigação (LIMA et al., 2009; FERREIRA et al 2011; PIMENTEL et al 2011; SANTOS et al 2012).

Segundo Castro Júnior et al. (2015) os cultivos irrigados, por si só, podem gerar situações em que a produtividade não seja compensada financeiramente, pois irrigar demanda custos, e estes podem não compensar economicamente. Para obtenção de uma produtividade rentável do sistema de irrigação, é necessário que as receitas sejam sempre maiores que os custos, ou que seja pelo menos equiparadas (OLIVEIRA et al., 2010).

Diante desse contexto, para que a implementação do sistema de irrigação seja algo economicamente viável, é de extrema importância que os resultados provenientes do uso da irrigação sejam satisfatórios, quando comparados aos retornos da cultura em condições de sequeiro, de modo que, o ganho financeiro por meio da elevação produtiva compense os gastos com a produção oriundos de despesas como implantação e operacionalização do sistema de irrigação (ARÊDES et al., 2007).

O sistema de irrigação, inicialmente exige um investimento significativo, no que diz respeito a aquisição dos componentes de captação, condução, e distribuição da água na área, onde deve ser levado em conta os custos com energia elétrica, mão-de-obra e manutenção do sistema (VILAS BOAS et al., 2011). Contudo, o custo inicial de implantação, é tido como um fator que leva o irrigante a escolher quais equipamentos serão adquiridos para a irrigação. Mas, nem sempre, a aquisição do sistema de menor custo, será sinônimo de menores custos operacionais, onde é necessário, a realização de simulações dos custos fixos e variáveis oriundos do sistema de irrigação adotado e do seu manejo (VIEIRA et al., 2011).

Na análise econômica, os custos totais são divididos em custos fixos e variáveis, na intenção de melhor entender como são as despesas e o que estas vão implicar na rentabilidade. Nesse sentido, os custos fixos, compreendem basicamente as despesas referentes a depreciação de cada equipamento do sistema de irrigação, dos juros aplicados sobre o capital investido na implantação, e operacionalização do sistema. Nos custos variáveis, as despesas

variam ao longo do tempo e da necessidade de uso, sendo composta por custos como mão-de-obra, manutenção dos equipamentos (conserto ou reposição), energia elétrica, combustível, ou outras despesas eventuais referentes a cultura e sistema de irrigação adotado (FRIZZONE e ANDRADE Jr. 2005; FERNANDES et al., 2008).

Com isso, a implantação de um sistema de irrigação em uma unidade produtiva, deve ser baseada em indicadores agroeconômicos, que possibilite ao produtor o conhecimento das vantagens da utilização do incremento agrícola, como é o caso da receita líquida e da relação benefício custo, de maneira que estas possam facilitar a tomada de decisão (ARAÚJO et al., 2008; SANTOS et al., 2009).

Com base no exposto, objetivou-se analisar a rentabilidade econômica de sistemas de plantio da palma forrageira, adotando manejos hídricos diferenciados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido na área experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, localizado no município de Serra Talhada - PE (latitude: 7°59'S, longitude: 38°15'O e altitude: 431 m), na região semiárida, no Vale do Pajeú, apresentando um solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico franco arenoso conforme a classificação da Embrapa (2006). O clima é caracterizado do tipo BSh, de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014). Os dados experimentais foram coletados no período correspondente entre o abril/2012 a março/2014. Foram avaliadas as seguintes variedades de clones de palma forrageira: IPA Sertânia - IPA (*Nopalea cochenillifera*), Miúda - MIU (*Nopalea cochenillifera*) e Orelha de Elefante Mexicana - OEM (*Opuntia stricta*) sob três tipos de manejos hídricos diferenciados: sequeiro, irrigação sem cobertura vegetal morta e irrigação com cobertura vegetal morta.

O experimento foi disposto em delineamento em blocos casualizados, com esquema fatorial de 3x3 sendo três repetições, as parcelas os manejos hídricos e as subparcelas os clones, cada parcela apresentou quatro fileiras com 20 plantas por fileira, resultando em 27 subparcelas dos quais 10,24 m² (3,2 x 3,2m) eram de área útil. A área total do experimento compreendeu 691,2 m². Nos dois manejos hídricos com o uso da irrigação, adotou-se eventos com 35% da ETo, sendo realizada a irrigação três vezes por semana, através do sistema por gotejamento com vazão de 1,5 L h⁻¹ sob a pressão de 1,0 atm. A água utilizada para a prática da irrigação na área foi captada no açude Saco, situado nas instâncias do IPA, que possui

condutividade elétrica variando de 1,1 a 1,6 dS m⁻¹ ao longo do tempo. A cobertura morta adotada foi obtida a partir dos restos de ervas espontâneas presentes em torno da área experimental, equivalente a 18 t ha⁻¹.

A evapotranspiração de referência foi estimada pelo método de Penman Monteith parametrizado no boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998), usando dados meteorológicos obtidos de uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, instalada no município de Serra Talhada, a menos de 1500 m da área experimental.

A análise econômica do uso de irrigação, foi calculada mediante a estimativa dos custos da implantação e manutenção da cultura, e do sistema de irrigação por gotejamento, estimados para um hectare produtivo. Os valores referentes a compra dos componentes, foram adquiridos a partir de uma cotação de preço em comércios de produtos agropecuários, nas cidades de São José do Belmonte – PE, Serra Talhada – PE e Petrolândia – PE obtendo-se a média dos valores (R\$) de cada componente, e o orçamento final do custo fixo para implantação de um hectare.

Partido deste levantamento foram calculados os custos fixos de depreciação dos componentes do sistema (DC) e juros sobre o capital investido (JC); e os custos variáveis de energia elétrica (CEE); custos de mão de obra (CMO) e de manutenção dos componentes dos sistemas (CMC). Para calcular os custos de depreciação dos componentes foi usada a seguinte equação (FERNANDES et al., 2008):

$$DC = \frac{[(VAC) - (0,2 * VAC)]}{VU} \text{ (R\$)} \quad (1)$$

em que, DC = depreciação do componente do sistema (R\$); VAC = valor de aquisição do componente (R\$); VAC = valor residual ou de sucata (R\$); VU = vida útil (anos). Vale ressaltar que o valor residual ou de sucata, foi calculado por 20% do valor de compra de cada componente; e considerou-se 8 anos de vida útil para os equipamentos.

O custo dos juros sobre o capital investido, foi calculado, considerando a taxa de rendimentos bancários no formato de poupança, que gira em torno de 7,2% ao ano, sobre o valor de aquisição dos equipamentos, de acordo com a equação (FRIZZIONE e ANDRADE Jr., 2005):

$$JC = TAJ \times VAE \quad (2)$$

em que, JC = juros sobre o capital investido (R\$); TAJ = taxa anual de juros (%) e VAE = valor de aquisição dos equipamentos (R\$).

Os custos com energia elétrica, foram medidos a partir do valor em quilowatt-hora (kWh) cobrado pela companhia energética de Pernambuco - CELPE (R\$ = 0,07 kWh), para a

classe rural irrigante – consumo da madrugada (21:30h as 6h) – Res. Norm. ANEEL 207/06; tempo em horas anuais de funcionamento do equipamento (média 444 h ano⁻¹); e a potência exigida do conjunto motobomba (5cv) expressa pela equação, conforme sugerido por Mendonça (2001):

$$CEE = V_{\text{kWh}} * T * \left(\frac{736 * \text{Pot}}{1000 * \eta} \right) \text{ (R\$)} \quad (3)$$

em que: CEE = custo com energia (R\$); V_{kWh} = valor do kWh (R\$); T = tempo total de funcionamento do sistema de irrigação (h); Pot = potência do conjunto moto-bomba (cv) e η = rendimento do conjunto motobomba (decimal).

Os custos com mão de obra e manutenção dos regimes hídricos foram calculados utilizando-se da metodologia de Fernandes et al. (2008) e Keller & Bliesner (1990) conforme equações abaixo:

$$CMO = AS \times EMS \times SM \quad (4)$$

em que, CMO = custo anual de mão de obra (R\$); AS = área do sistema (ha); EMS = exigência média de mão de obra do sistema (número de homens por ha); SM = salário mínimo atual brasileiro, incluindo os encargos tributários (R\$).

$$CMC = VPM \times VAC \quad (5)$$

em que, CMC = custo anual de manutenção dos componentes do sistema (R\$); VPM = valor percentual médio anual para manutenção dos componentes do sistema (decimal); e VAC = valor de aquisição do componente (R\$). Os valores VPM utilizados foram: tubulações enterradas (0,5%), tubulações em superfície (1%), estruturas (1,5%), motobombas (6%), emissores (7%) e filtros (8%).

De acordo com a metodologia usada por Fernandes et al. (2008), foi adotado uma reserva de contingência empregada em casos emergenciais acometidos por falhas humanas, mecânicas ou do sistema, adicionando um valor de 5% a ser calculado sobre os custos variáveis. Despesas referentes ao consumo de água não foram consideradas, tendo em vista que o município de Serra Talhada, PE, ainda não realiza a cobrança da outorga pelo uso da água. Por fim, das simulações, foram cálculos o custo total da implantação do sistema de irrigação, a receita bruta e líquida, e a relação benefício custo, através das seguintes equações:

$$CT = \sum(CF + CV) \quad (6)$$

onde: CT= custo total da implantação do sistema de irrigação; CF custos fixos; CV custos variáveis.

$$RB_{VF} = Y \times \text{valor}Y \quad (7)$$

$$RB_{VC} = (NP \times NTC) \times \text{valorC} \quad (8)$$

em que, RB_{VF} = receita bruta adquirida pela venda da palma como forragem (R\$); RB_{VC} = receita bruta adquirida pela a venda como “semente” (R\$); Y = rendimento da cultura (ton ha⁻¹); valorY = valor do rendimento da cultura (R\$ ton⁻¹) considerando R\$ 100,00 ton; NP = números de plantas ha⁻¹; NTC = Número total de cladódio (unidade); valorC = valor do cladódio (R\$ unid.⁻¹), considerando R\$ 0,15 unid. Cladódio.

$$RL_{VF} = RB - CT \quad (9)$$

$$RL_{VC} = RB - CT \quad (10)$$

onde, RL_{VF} = receita líquida adquirida pela venda da palma como forragem (R\$); RL_{VC} = receita líquida adquirida pela venda da palma como “semente” (R\$);

$$\frac{B}{C} = \frac{RL}{CT} \quad (11)$$

Onde, B/C = relação benefício/custo (>1, indica viabilidade econômica).

O tempo de vida útil dos componentes do sistema de irrigação

A vida útil dos componentes do sistema de irrigação por gotejamento foi estimada em um período de aproximadamente 8 anos, com os custos de implantação sendo amortizados ao longo do tempo (FRIZZIONE & ANDRADE Jr., 2005; FERNANDES et al. 2008). Partindo deste contexto, e da extrapolação dos valores produtivos e do número total de cladódios, com o fim de verificar o tempo de retorno do investimento do sistema de irrigação durante o período de vida útil, foram realizadas simulações para (2, 4, 6, e 8 anos) descritas a seguir em:

- Simulação 1: Considerando que os rendimentos dos clones de palma forrageira foram adquiridos após 24 meses, sendo este o primeiro ciclo de cultivo (1º corte), onde é mantido apenas o cladódio basal. Foi calculado o custo total de produção, referente a este primeiro ciclo, obtendo-se dos custos fixos e variáveis, receitas brutas e líquidas, e relação benefício custo;

- Simulação 2: Considerando os rendimentos do primeiro ciclo, baseou-se o segundo e quarto ano do cultivo dos clones de palma forrageira (2º corte), contabilizando apenas os custos variáveis (DC, JC, CEE, CMO, CMC e RC), tendo em vista que a cultura já estava implantada e o sistema de irrigação em pleno funcionamento.

- Simulação 3: Nesta situação, contou-se com a renovação de toda área produtiva, devido a colheita de todos os cladódios no segundo ciclo, ficando apenas o sistema de irrigação, e posteriormente plantio de novos cladódios. Os rendimentos foram obtidos para o período de 24 meses, após o 2º corte, o que corresponde do quarto ao sexto ano de cultivo, mantendo-se

apenas os cladódios basais. Neste terceiro corte, foram contabilizados todos os custos fixos e variáveis, tendo em vista a renovação da área de cultivo.

- Simulação 4: Para esta última, os rendimentos foram estimados para o mesmo período de 24 meses, isso a partir do terceiro corte, correspondendo ao sexto e oitavo ano de cultivo da cultura. Nesse caso, foram contabilizados apenas os custos variáveis empregados na unidade produtiva, fechando neste o ciclo de vida útil do sistema de irrigação de oito anos.

As equações matemáticas, foram efetuadas usando o Excel 2013. A análise econômica (RB, RL e B/C) foram submetidos ao teste de normalidade, homocedasticidade e a análise de variância (ANOVA), em seguida, quando a mesma foi significativa, realizou-se a comparação dos seus valores médios utilizando o teste de Tukey, ao nível de significância de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram feitas por meio do software Statistica v-7 dos quais os resultados foram expostos a partir de gráficos, gerados utilizando o software SigmaPlot, v.10.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise econômica da produção de palma forrageira irrigada, foi proveniente dos valores totais, referentes aos custos fixos e variáveis, durante o primeiro ciclo produtivo da palma, apresentando um valor de R\$ 8206,26 ha⁻¹ ano⁻¹, recebendo uma irrigação complementar de 911 mm ano⁻¹ (Tabela 1). Nas Figuras 3 e 4, é descrito o percentual empregado em cada componente, isso perante os custos fixos e variáveis no sistema de cultivo dos clones de palma forrageira.

Os custos fixos, apresentou maior percentual para o recalque (canos, válvulas, conexões, fitas de gotejo, filtro etc.), correspondendo a cerca de 62% do investimento, seguido do motobomba com 21%, da implantação 10%, e sucção 7%, sendo estes custos, os que mais contribuíram para o aumento do custo total na área irrigada, totalizando um valor de R\$ 6372,40 para a irrigação com/sem cobertura vegetal.

Em relação aos custos variáveis, o custo total foi inferior aos custos fixos, apresentando maior percentual para a depreciação dos componentes do sistema irrigação (25%), seguido dos juros sobre o capital investido (22%), manutenção (20%), energia elétrica (20%), mão de obra (8%) e reserva de contingência (5%). Essas proporções de valores, segundo Vieira et al. (2011), se deve a menor vida útil dos componentes do sistema de irrigação por gotejamento, o que eleva o valor da depreciação, do qual sugere uma análise

preliminar da aquisição dos equipamentos de irrigação, considerando os custos fixos totais e não apenas os valores de compra dos equipamentos.

Tabela 1. Custos (R\$ ha⁻¹) dos equipamentos de irrigação e de implantação dos clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), sob diferentes manejos hídricos no período de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE.

Sistemas	S	ISC	ICC
Custos Fixos	630,00	6372,40	6372,40
Custos Variáveis	1082,88	1833,86	1833,86
Custo Total	1712,88	8206,26	8206,26

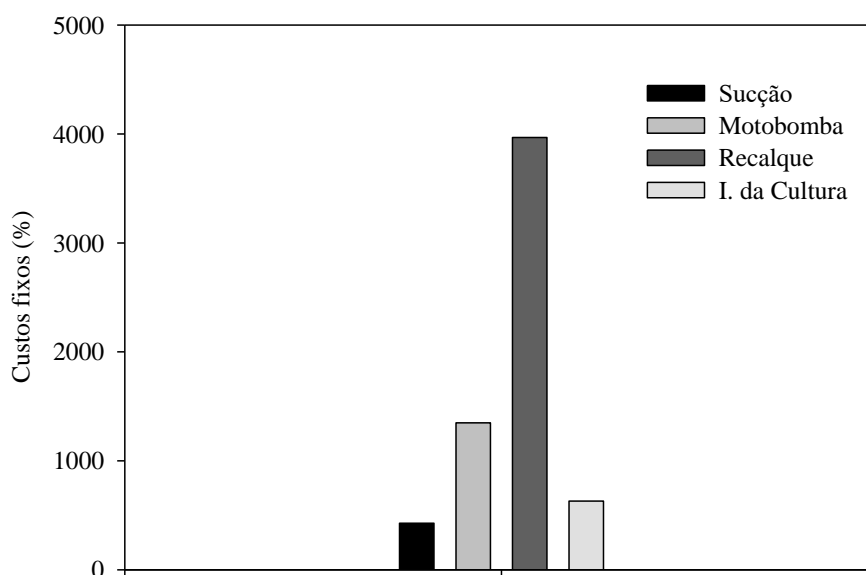


Figura 1. Custos fixos, referente aos componentes do sistema de irrigação e da implantação do cultivo de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea cochenillífera*), Miúda (*Nopalea cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), sob diferentes manejos hídricos no período de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE.

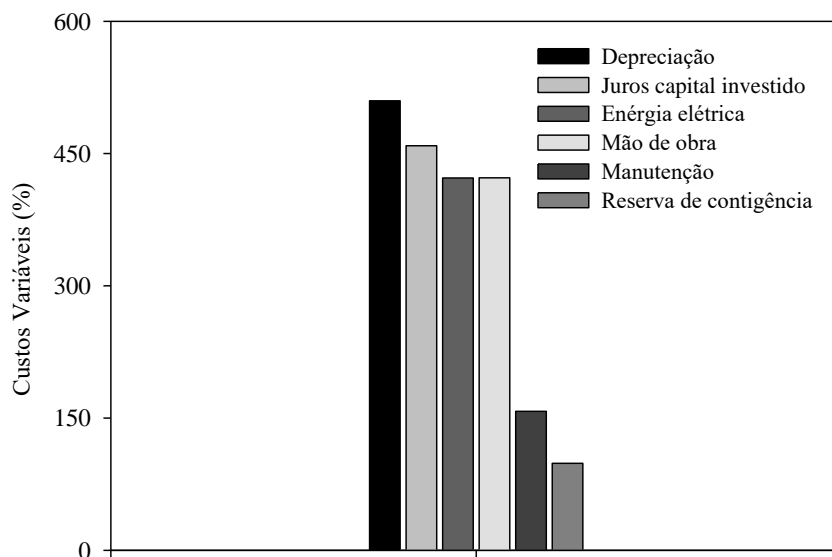


Figura 2. Custos variáveis, referente aos componentes do sistema de irrigação e da implantação do cultivo de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea cochenillífera*), Miúda (*Nopalea cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), sub diferentes manejos hídricos no período de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE.

As receitas variaram conforme o destino final do produto, seja para alimentação animal por meio da forragem, ou pelo uso do cladódio como “semente” para o plantio. Houve diferenças significativas ($p > 0,05$), com o efeito isolado dos clones e dos regimes hídricos perante as receitas analisadas, destacando-se, nessa ordem, a OEM como forragem, a MIU como semente, e o ICC.

O clone Orelha de Elefante Mexicana (Tabela 2), apresentou diferença significativa em relação aos outros clones ($p > 0,05$), considerando-se o destino final como forragem, apresentando uma receita líquida no valor médio de R\$ 4.745,49 e a relação benefício custo ($p > 0,05$) de R\$ 0,56, indicando a não viabilidade econômica para o ciclo inicial de 18 meses, tendo em vista que para cada R\$ 1,00 investido no sistema, haverá apenas um reembolso médio de apenas R\$ 0,56. Os demais clones, IPA Sertânia e Miúda, obtiveram de receita líquida nos valores médios de R\$ 106,77 e -1652,60, e uma relação de benefício custo de 0,01 e - 0,20, respectivamente nesta ordem. Sabendo disso, para que o produtor não tenha prejuízos com o empreendimento, e que possa ter um lucro mínimo de 10%, a venda da tonelada de forragem deve ser acima do preço médio de R\$ 125 para a IPA, R\$ 160,00 para a MIU, R\$ 85,00 para a OEM.

Para a venda dos cladódios como “semente” (Tabela 2), não houve diferença significativa ($p>0,05$). Entretanto, o clone Miúda destacou-se, apresentando os maiores valores médios de receita líquida e benefício custo, compreendendo cerca de R\$ 57.902,55 e 6,94, mostrando que, para cada R\$ 1,00 investido no sistema, houve um retorno de R\$ 6,94. Os clones IPA Sertânia e Orelha de Elefante Mexicana, apresentaram receita líquida de R\$ 31.169,31 e 41.586,58, e relação de benefício custo 3,75 e 5,02, respectivamente. Tais resultados permitem inferir que, já é viável economicamente o cultivo da palma no primeiro ciclo produtivo de 18 meses, isso quando os cladódios forem comercializados para fins de plantio.

Tabela 2. Efeito dos clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera*), Miúda (*Nopalea cochenillifera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*) a partir dos indicadores da análise econômica do uso do sistema de irrigação, durante o período experimental, que correspondeu de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE.

	IPA	MIU	OEM
RB forragem	8408,25b	6648,90b	13046,99a
RB semente	91381,1a	130787,4a	105617,2a
RL forragem	106,77b	-1652,60b	4745,49a
RL semente	31169,31a	57902,55a	41586,58a
B/C forragem	0,011b	-0,20c	0,56a
B/C semente	3,75a	6,94a	5,02a

* RB = Receita bruta; RL = Receita líquida; B/C= Relação benefício custo; IPA = Clone de palma forrageira IPA Sertânia; MIU = Clone de palma forrageira miúda; OEM = Clone de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana. **Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na horizontal não diferem entre si estatisticamente ($p>0,05$) pelo Teste de Tukey.

Com relação aos efeitos de sistemas (Tabela 3), houve respostas significativas para as receitas analisadas ($p>0,05$), apresentado destaque como já foi citado para o sistema de regime hídrico irrigado com cobertura (ICC), diferindo-se estatisticamente dos demais sistemas, quando relacionado a receita líquida e a relação benefício custo para a produção dos clones como forragem, não sendo viável economicamente no primeiro ciclo produtivo. Já considerando a venda dos cladódios como “sementes”, os sistemas não se diferenciaram estatisticamente entre si ($p>0,05$), porém o ICC apresentou maior valor médio de receita líquida e relação benefício custo, correspondendo a R\$ 50473,40 e 5,97, seguido na mesma ordem do ISC R\$ 41145,29 e 4,73, e do S R\$ 37987,88 e 4,73. Todos os sistemas a partir destes últimos resultados, são viáveis economicamente para o destino como “semente”.

Tabela 3. Efeito de sistema a partir dos indicadores da análise econômica do uso do sistema de irrigação, durante o período experimental, que correspondeu de abril/2012 a março/2014 no município de Serra Talhada – PE.

	ICC	ISC	S
RB forragem	12096,27a	7195,55c	9620,75b
RB semente	121242,2a	104820,6a	100174,1a
RL forragem	3653,81a	-1141,19b	1601,16ab
RL semente	50473,40a	41145,29a	37987,88a
B/C forragem	0,43a	-0,14c	0,19b
B/C semente	5,97a	4,73a	4,73a

* RB = Receita bruta; RL = Receita líquida; B/C= Relação benefício custo; S = Condição de Sequeiro; ISC = Irrigado sem cobertura; ICC = Irrigado com cobertura. **Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na horizontal não diferem entre si estatisticamente ($p>0,05$) pelo Teste de Tukey.

Os custos fixos e variáveis, aliados a relação de benefício custo, são ferramentas de grande importância no estudo da irrigação como incremento produtivo no meio agrícola e que devem incidir ao longo da vida útil das instalações, possibilitando uma autogestão, aplicável de maneira sustentável (Vieira et al., 2011; CASTRO JÚNIOR et al., 2015).

Para tanto, nem sempre os sistemas de irrigação apresentam retornos do capital investido logo nos primeiros ciclos produtivos, o qual depende de uma série de fatores. Por isso, foram feitas nas Figuras 3 a 10 análises econômicas em simulações 1, 2, 3, e 4 considerando a destinação dos clones de palma forrageira, para venda como forragem ou semente, em um período de 8 anos pertinente ao tempo de vida útil dos equipamentos.

Na Simulação 1 (Figura 3) quando analisado a produtividade dos clones de palma forrageira, destinados a venda como forragem, constatou-se que as receitas do 1º corte não cobriram todas as despesas com a implantação do sistema, apresentando uma receita líquida e uma relação benefício custo médio de R\$ 4.864,22 e 0,59 para o clone OEM, R\$ 225,51 e 0,03 para o clone IPA, e R\$ - 1.583,87 e - 0,19 para o clone MIU, nessa ordem. Quando os clones de palma forrageira, foram destinados a venda como semente na Simulação 1 (Figura 4) as receitas líquidas e a relação benefício custo mostraram um valor médio de R\$ 58.021,28 e 7,09 (MIU), de R\$ 41.705,31 e 5,10 (OEM), de R\$ 31.288,64 e 3,48 (IPA). Morais (2016), ao analisar a viabilidade econômica do uso da irrigação no cultivo da palma forrageira, também observou que a cultura quando destinada como forragem no primeiro corte, não foi viável economicamente, encontrando assim como este estudo uma melhor relação benefício custo para a destinação como semente.

A Simulação 2 correspondeu ao segundo e quarto ano de cultivo da palma, onde neste período as receitas líquidas e relação benefício custo expressaram melhores rendimentos

econômicos (Figura 5), quando comparados ao primeiro ciclo produtivo para destinação como forragem, mostrando que a partir do 2º corte os lucros superam os custos com a introdução do sistema, possibilitando ao produtor quitar eventuais dívidas pendentes do primeiro ciclo, partindo dos seguintes valores médios (RL e B/C) de R\$ 11.236,62 e 6,20 para o clone OEM, R\$ 6.597,91 e 3,64 para o clone IPA, R\$ 4.838,53 e 2,66 para o clone MIU. Quanto a destinação como semente (Figura 6) os valores médios nesta simulação foram R\$ 64.393,68 e 35,47 para o clone MIU, R\$ 48.077,71 e 26,61 para o clone OEM, e R\$ 37.661,05 e 20,79 para o clone IPA.

Na Simulação 3 (Figura 7) do quarto ao sexto ano, considerando que ocorreu renovação de toda área produtiva da palma forrageira, sendo contabilizado novamente custos fixos e variáveis, observou-se que as receitas do 3º corte permaneceram estáveis, cobrindo os gastos com a implantação da cultura, visto que o sistema de irrigação foi mantido. Os valores médios da receita líquida e relação benefício custo apresentaram as seguintes importâncias respectivamente R\$ 11.643,70 e 8,28 para o clone OEM, R\$ 7.004,98 e 4,99 para o clone IPA, R\$ 5.245,61 e 3,72 para o clone MIU. A RL e B/C quando destinado como semente (Figura 8), apresentaram valores médios de R\$ 64.800,76 e 46,02 para o clone MIU, R\$ 48.484,79 e 34,64 para o clone OEM, R\$ 38.068,12 e 27,11 para o clone IPA.

A Simulação 4, compreendeu o período do sexto ao oitavo ano (Figura 9), onde foi feito o 4º corte, e analisado a receita líquida e relação benefício custo, apresentando assim os seguintes valores médios R\$ 11.236,62 e 6,20 para o clone OEM, R\$ 6.621,40 e 3,72 para o clone IPA, R\$ 4.838,53 e 2,66 para o clone MIU, nesta ordem, quando a venda for destinada como forragem. Quando tratado a receita líquida e a relação benefício custo para a venda dos cladódios como semente (Figura 10), os valores médios foram R\$ 64.393,68 e 35,47 para o clone MIU, R\$ 48.077,71 e 26,61 para o clone OEM, R\$ 37.684,54 e 21,11 para o clone IPA.

Ao fim destas simulações, é possível planejar as atividades produtivas não só para a comercialização da palma, como também o seu uso, onde o produtor pode vender parte da produção como "semente" que tem maior retorno já no 1º ciclo produtivo, e com isso, comprar concentrados (farelo de soja, algodão, milho), suprindo com a outra parte a demanda de água do seu rebanho, misturando a palma com os concentrados adquiridos, ofertando uma ração balanceada aos seus animais.

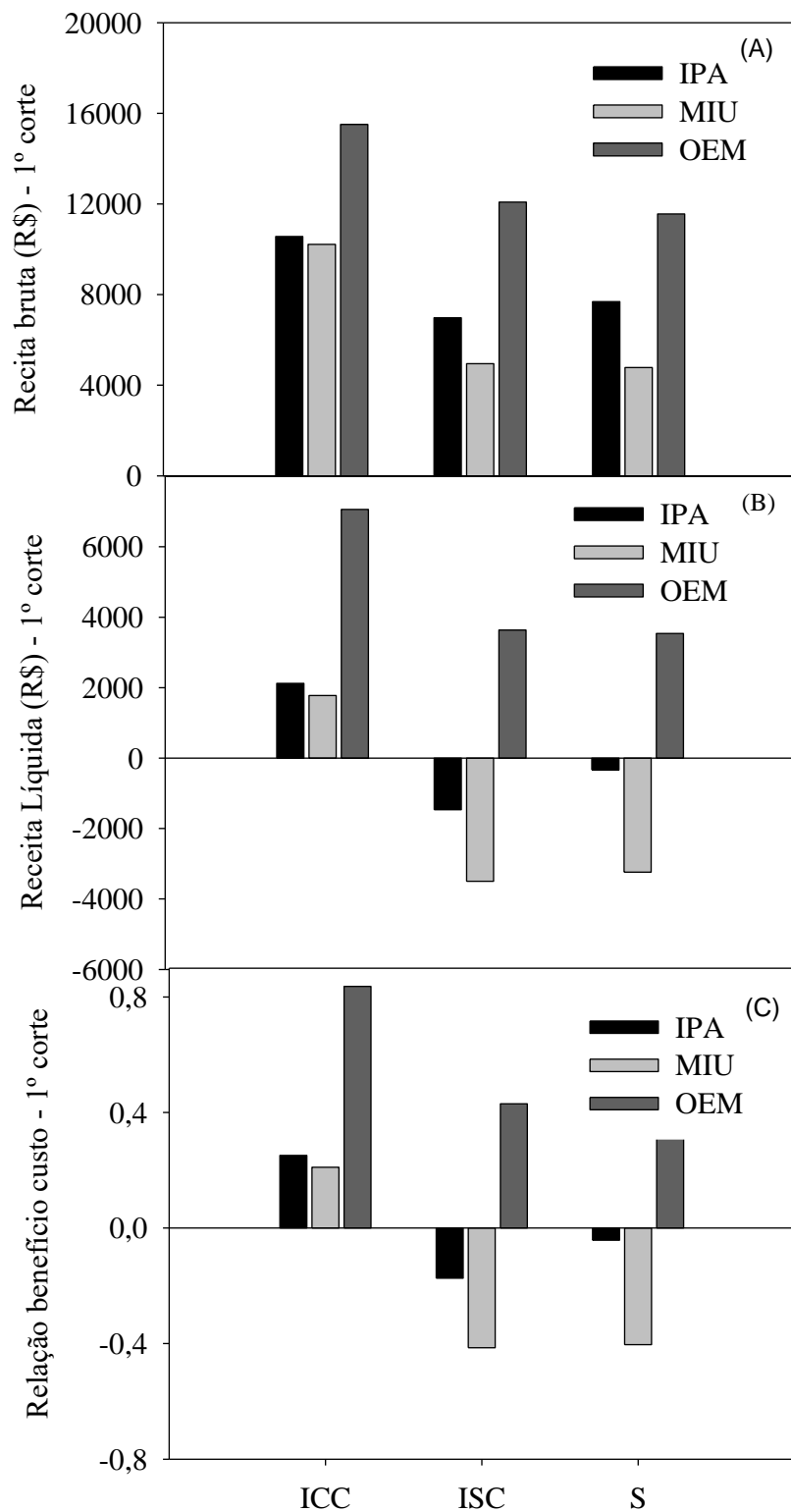


Figura 3. Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 1 (1º corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda como forragem em Serra Talhada-PE.

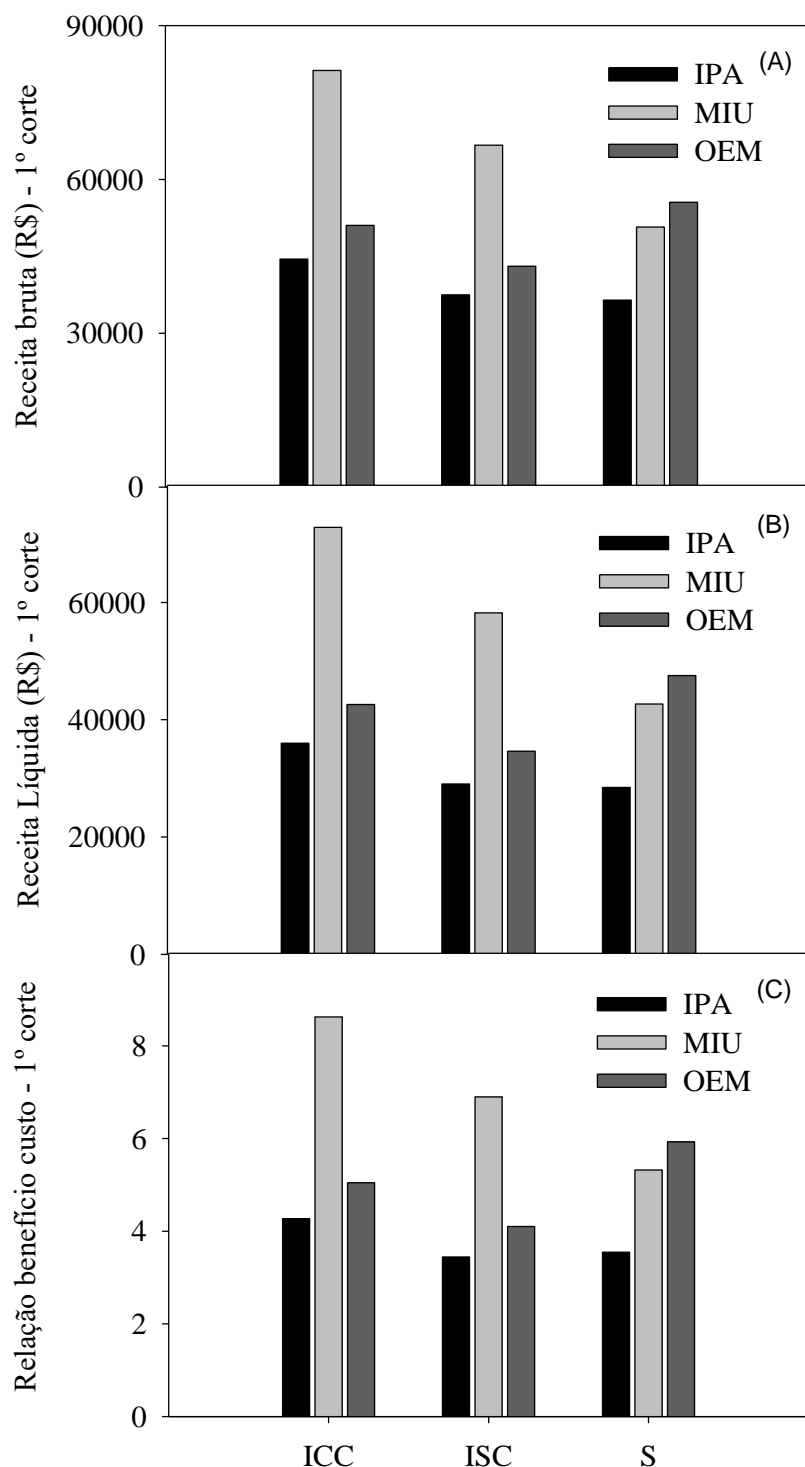


Figura 4. Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 1 (1º corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda do Cladódio como semente em Serra Talhada-PE.

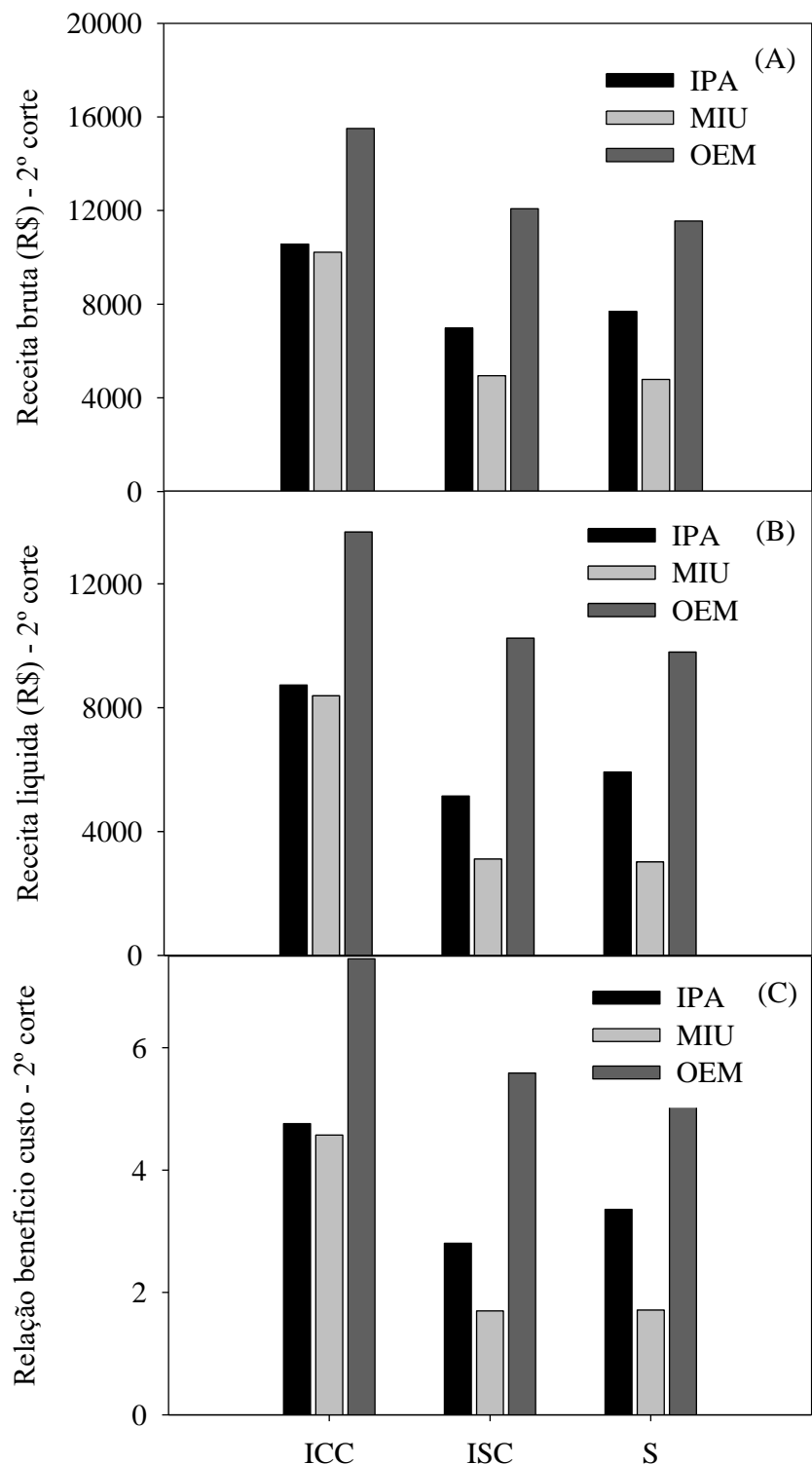


Figura 5. Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 2 (2° corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda como forragem em Serra Talhada-PE.

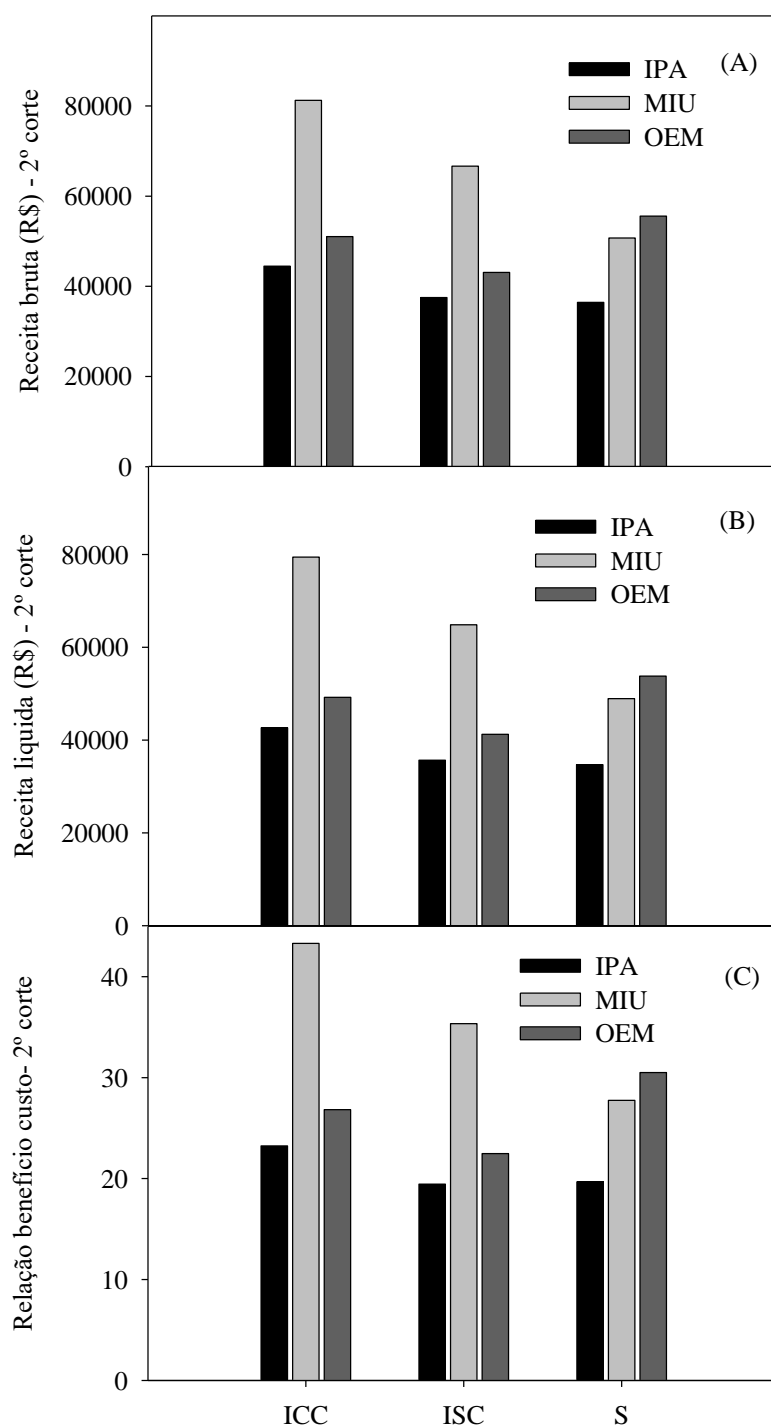


Figura 6. Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 2 (2° corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda do Cladódio como semente em Serra Talhada-PE.

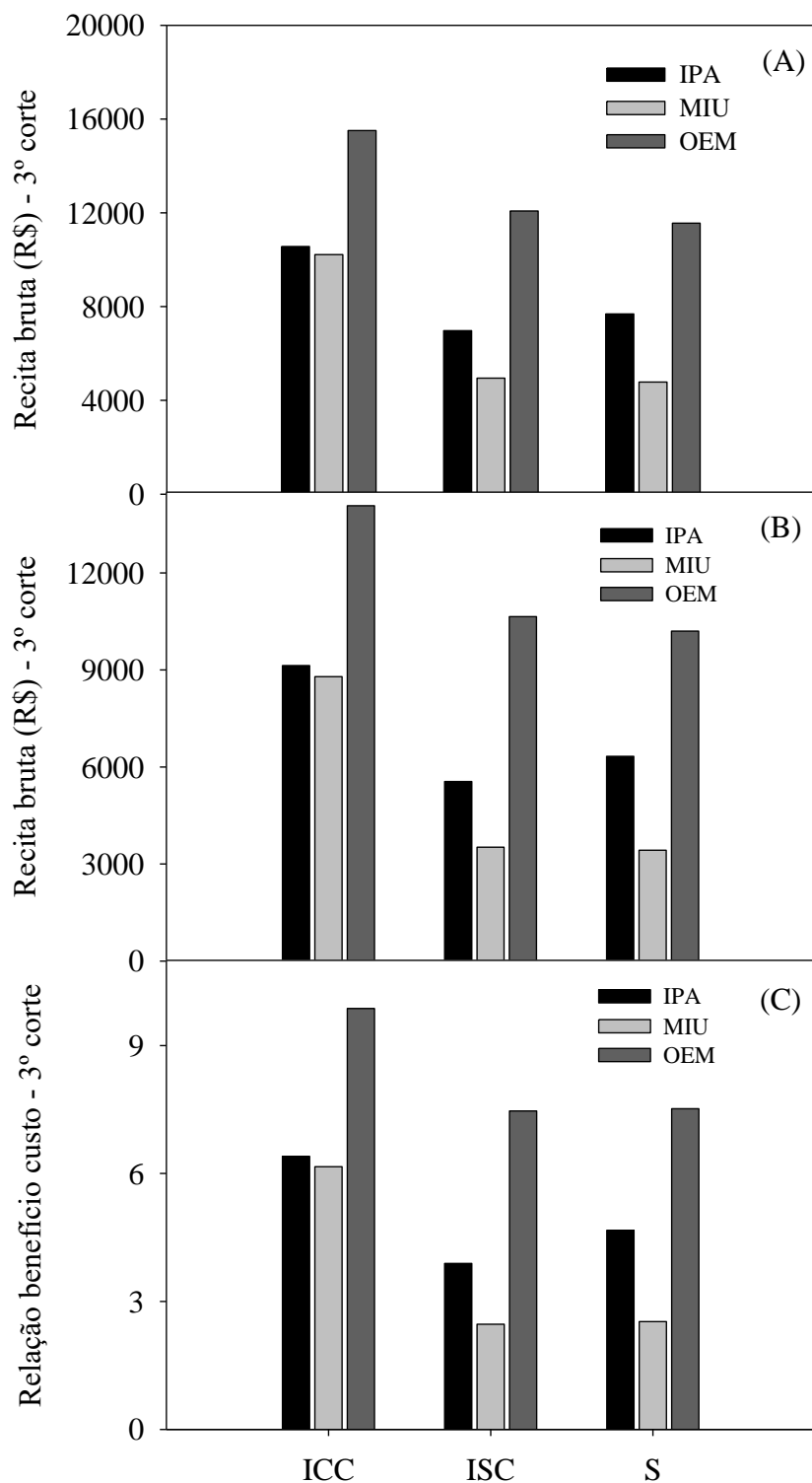


Figura 7. Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 3 (3° corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda como forragem em Serra Talhada-PE.

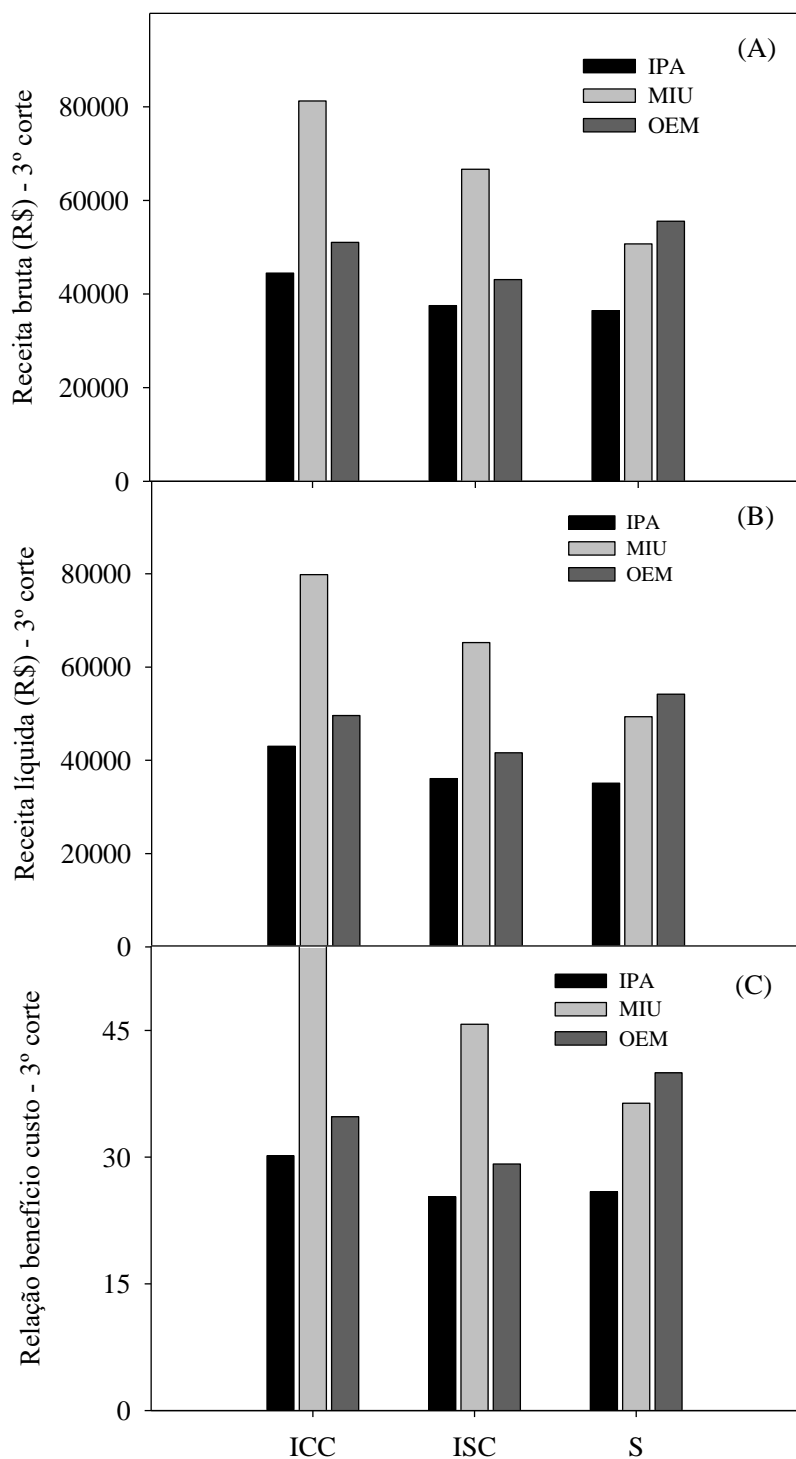


Figura 8. Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 3 (3º corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda do Cladódio como semente em Serra Talhada-PE.

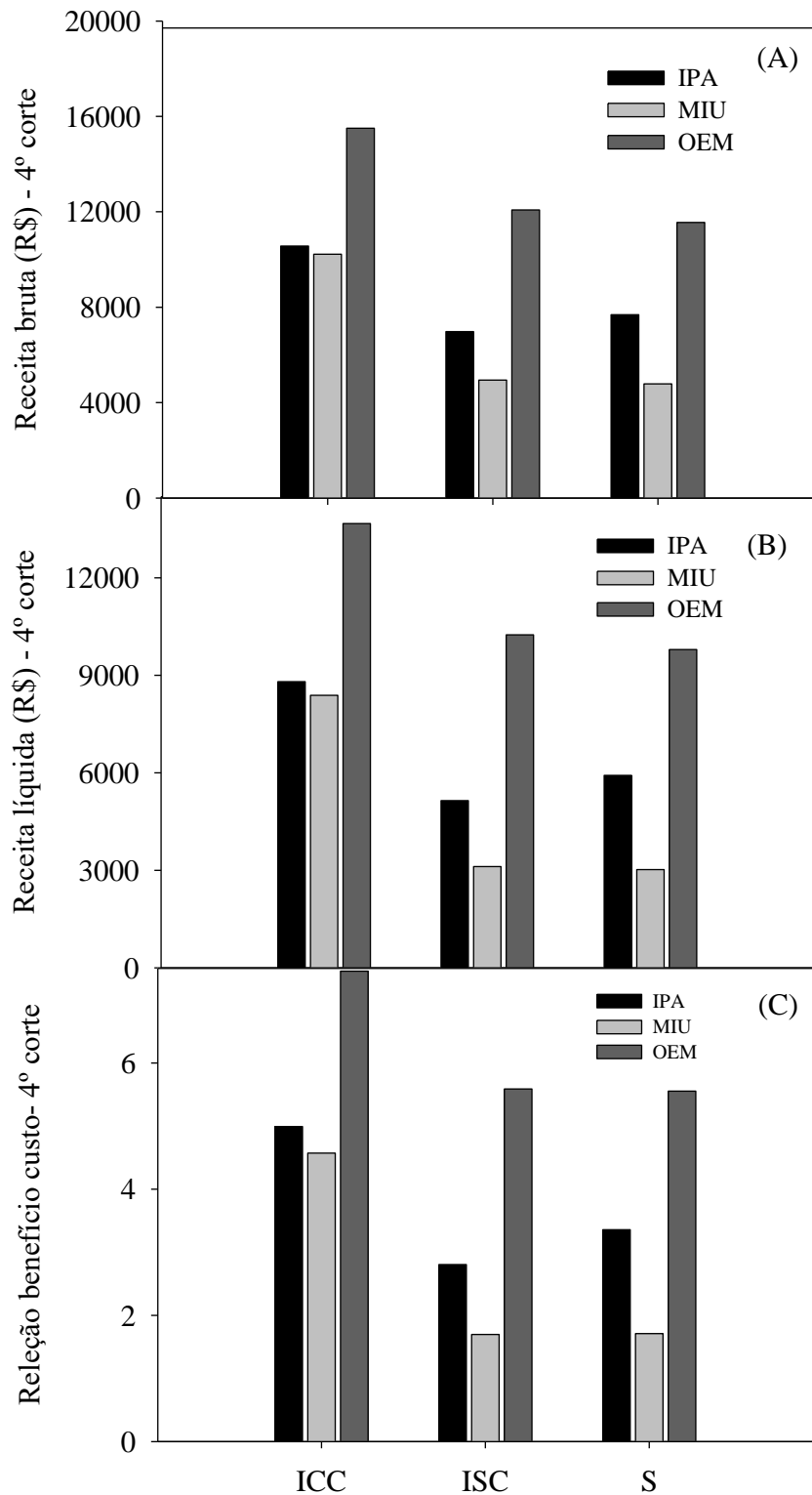


Figura 9. Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 4 (4° corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda como forragem em Serra Talhada-PE.

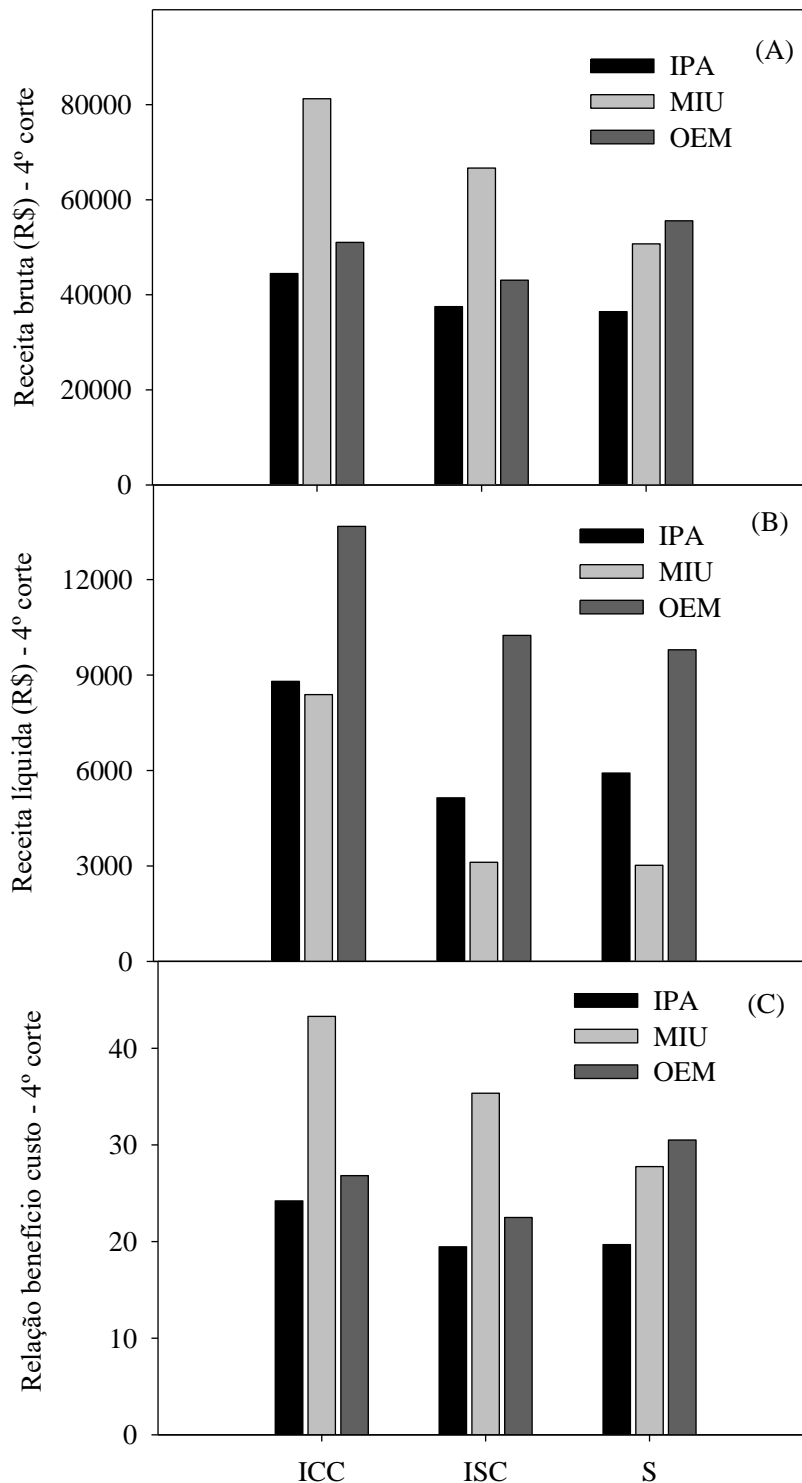


Figura 10. Receita bruta (A), receita líquida (B) e relação benefício custo (C) na Simulação 4 (4º corte) de clones de palma forrageira, IPA Sertânia (*Nopalea Cochenillífera*), Miúda (*Nopalea Cochenillífera*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), submetidas a eventos de irrigação com cobertura vegetal (ICC), irrigado sem cobertura (ISC) e em condição de sequeiro (S), destinado para venda do Cladódio como semente em Serra Talhada-PE.

4 CONCLUSÃO

1. A adoção de irrigação no sistema de plantio da palma forrageira apresenta rentabilidade econômica a partir do segundo ciclo produtivo, quando o destino da produção foi para forragem, e logo no primeiro ciclo, quando os cladódios foram vendidos como semente.
2. O clone Orelha de Elefante Mexicana foi o que apresentou melhores rendimentos econômicos, quando o destino da produção foi para forragem, enquanto a Miúda se destacou na venda dos cladódios como “semente”.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMUTH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**, Rome: FAO, 1998, 301p. Irrigation and Drainage Paper 56.
- ALMEIDA, R. F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no semiárido brasileiro. **Revista Verde, Mossoró**, v. 7, n. 4, p. 08-14, out-dez, 2012.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; SENTELHAS, P. C.; SPAROVEK, G. Koppens's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, 711-728, 2014.
- ARAÚJO PRIMO, J. T. **Dinâmica de água no solo e eficiência do uso de água em clones de palma forrageira no semiárido pernambucano**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada-PE, 2013, 106 f.: il. (Dissertação de Mestrado).
- ARAÚJO, A. C.; BELTRÃO, N. E. M.; MORAIS, M. dos S.; ARAÚJO, J. L. O.; CUNHA, J. L. X. L.; PAIXÃO, S. L. Indicadores agroeconômicos na avaliação do consórcio algodão herbáceo mais amendoim. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1467-1472, 2008.
- ARÊDES A. F.; SANTOS M. L.; RUFINO, J. L. S.; REIS, B. S. Viabilidade econômica da irrigação da cultura do café na região de Viçosa-MG. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 5, n. 2, p. 207-225, 2007.
- CASTRO JÚNIOR, W. L.; OLIVEIRA, R. A.; SILVEIRA, S. F. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Viabilidade econômica de tecnologias de manejo da irrigação na produção do feijão-caupi, na região dos cocais-MA. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.3, p.406-418, 2015.
- COSTA, F. S.; SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S.; BRITO, M. E. B.; MESQUITA, E. F. Crescimento, produtividade e eficiência no uso da água em bananeira irrigada no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v.25, p.26-33, 2012.
- CUNHA, F. F.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; PEREIRA, O. G.; ABREU, F. V. S. Produtividade do capim tanzânia em diferentes níveis e frequências de irrigação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 103-108, 2008.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: **EMBRAPA-SPI**, 2ed, 2006.
- FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Uberaba: O Lutador, 2008. 476p.
- FERREIRA, R. L. F.; GALVÃO R. O.; MIRANDA JUNIOR, E. B.; ARAUJO NETO, S. E.; NEGREIROS, J. R. S.; PARMEJANI, R. S. Produção orgânica de rabanete em plantio direto sobre cobertura morta e viva. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 299-303, 2011.

FRIZZONE, J.A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. de. **Planejamento de irrigação: análise de decisão de investimento**. Brasília: EMBRAPA, 626 p, 2005.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 652 p, 1990.

LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F.; SOUZA, A. P.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. Desempenho da alface em cultivo orgânico com e sem cobertura morta e diferentes lâminas d'água. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1503-1510, 2009.

MENDONÇA, F. C. **Evolução dos custos e avaliação econômica de sistemas de irrigação utilizados na cafeicultura**. Uberlândia: UFU, 1 ed. p.45-78, 2001.

MORAIS, J. E. F. **Evapotranspiração real efetiva e indicadores agrometeorológicos e econômicos em cultivo de palma forrageira irrigada**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada-PE, 2016, 81 f.: il. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA JUNIOR, S.; BARREIRO NETO, M.; RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L. M. V.; BRITO, E. A.; NASCIMENTO, J. P. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido paraibano. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.3, n.1, p.7-12, 2009.

OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; REIS, R. P.; SILVA, M. L. O. Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro Acaí considerando seis safras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.5, p.887-896, 2010.

OLIVEIRA, F. T.; SOUTO, J. S.; SILVA, R. P.; ANDRADE FILHO, F. C. de; PEREIRA JÚNIOR, E. B. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde**, v.5, n.4, p.27-37, 2010.

PIMENTEL, J. V. F.; GUERRA, H. O. C. Irrigação, matéria orgânica e cobertura morta na produção de mudas de cumaru (*Amburana cearensis*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.9, p.896-902, 2011.

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

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

SANTOS, N. C. B.; TARSITANO, M. A. A.; ARF, O.; MATEUS, G. P. Análise econômica do consórcio feijoeiro e milho-verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2009.

SANTOS, S. S.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; LEAL, M. A. A.; RIBEIRO, R. L. D. Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p.549-552, 2012.

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

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C.; Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10 – 18, 2015.

TOSTO, M. S. L.; ARAUJO, G. G. L.; OLIVEIRA, R. L.; BAGALDO, A. R.; DANTAS, F. R.; MENEZES, D. R.; CHAGAS, E. C. O. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, p.239-249, 2007.

VIEIRA, G. H. S; MANTOVANI, E. C; SOARES, A. A.; MONTES, D. R. P.; CUNHA, F. F. da. Custo da irrigação do cafeeiro em diferentes tipos de equipamentos e tamanhos de área. **Engenharia na Agricultura**, v.19, n.1, p.53-61, 2011.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; JOAQUIM A. L.; JUNIOR, J. A.; CONSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência agrotecnológica**, v.35, n.4, p.781-788, 2011.

APÊNDICE



Figura 1A. Localização da área cultivada com clones de palma forrageira na Estação Experimental de Serra Talhada, Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, semiárido pernambucano. **Fonte:** Google Earth.

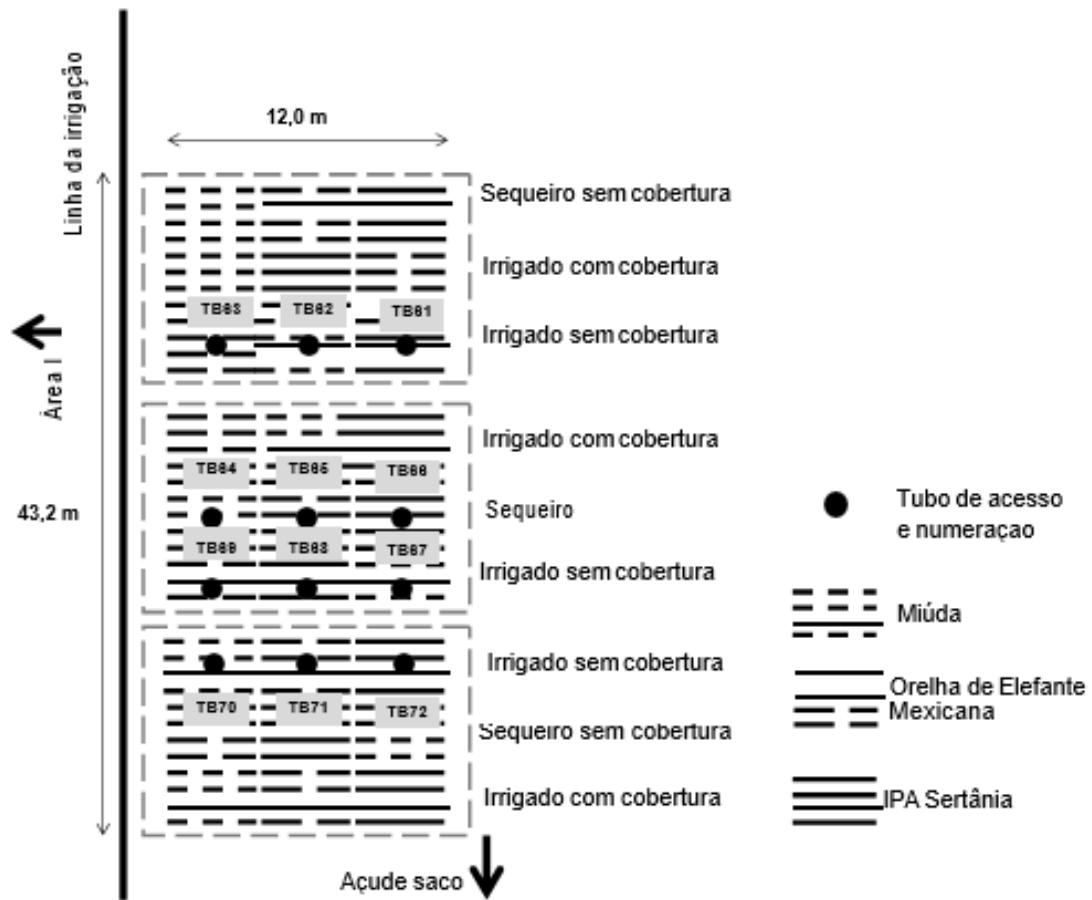


Figura 2A. Croqui da área experimental