

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia* e *Nopalea*)
SOB IRRIGAÇÃO E SALINIDADE**

**JOELMA DE LIRA FREIRE
Zootecnista**

**RECIFE - PE
DEZEMBRO - 2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia* e *Nopalea*)
SOB IRRIGAÇÃO E SALINIDADE**

**JOELMA DE LIRA FREIRE
(Zootecnista)**

**RECIFE - PE
DEZEMBRO – 2012**

JOELMA DE LIRA FREIRE

**AVALIAÇÃO DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia* e *Nopalea*)
SOB IRRIGAÇÃO E SALINIDADE**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, do qual participam a Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Forragicultura

Comitê de Orientação:

Prof. Dra. Mércia Virgínia Ferreira dos Santos

Prof. Dr. Egídio Bezerra Neto

Prof. Dr. Mário de Andrade Lira

RECIFE - PE

DEZEMBRO- 2012

Ficha catalográfica

F866a Freire, Joelma de Lira
Avaliação de clones de palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) sob irrigação e salinidade / Joelma de Lira Freire. – Recife, 2012.
85 f. : il.

Orientadora: Mércia Virgínia Ferreira dos Santos.
Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife, 2012.

Referências.

1. Estresse salino 2. Condutividade elétrica
3. Produtividade 4. Cactáceas I. Santos, Mércia Virgínia
Ferreira dos, orientadora II. Título

CDD 636

JOELMA DE LIRA FREIRE

**AVALIAÇÃO DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia e Nopalea*) SOB
IRRIGAÇÃO E SALINIDADE**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 20 de dezembro de 2012

Orientadora:

Profa. Mércia Virginia Ferreira dos Santos, D.S.c.
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Departamento de Zootecnia

Comissão Examinadora:

Guilherme Ferreira Costa Lima, Ph.D.
Pesquisador EMBRAPA/EMPARN

Prof. José Carlos Batista Dubeux Junior, Ph.D.
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Prof. Márcio Vieira da Cunha, D.S.c.
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Profa. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire, D.S.c.
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Agronomia

RECIFE-PE

DEZEMBRO-2012

OFEREÇO

A minha filha *Elisa*, minha princesa, que me dá tanta alegria.

Elisa,

pensar e estar com você,

é sentir vontade e alegria de viver,

Te amo!

Ao meu esposo *Luiz Gustavo Ribeiro Guerra*, por ter estado comigo em toda essa trajetória, me dando conselhos e apoio sempre.

AMO VOCÊS!

DEDICO

A minha mãe *Terezinha de Lira Freire*, por além de ser uma mãe maravilhosa, por ter me dado apoio, por cuidar de Elisa com tanto carinho e amor enquanto eu estava ausente, nunca vou esquecer por tudo o que fez por mim!!!!

Ao meu pai *José Severino Freire (in memorian)*, quanta saudade! Obrigada por tudo! Tenho certeza que onde o Senhor está sempre zela por mim, como sempre fez, ainda vamos nos encontrar...

Ao meu irmão *Jailson de Lira Freire*, que sempre esteve disposto a me ajudar em qualquer coisa que eu precisasse.

AMO VOCÊS!

Mergulha a mente, quanto possível no estudo.

O estudo liberta da ignorância e favorece a criatura com o discernimento.

O estudo e o trabalho são as asas que facilitam a evolução do ser.

O conhecimento é mensagem de vida.

Não apenas nos educandários podes estudar.

A própria vida é um livro aberto, que ensina a quem deseja aprender.

Joanna de Ângelis

Do Livro “Vida Feliz” psicografado por Divaldo P. Franco

Editora - Ideal

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me propiciou nascer em uma família que tanto amo, por ter me dado forças sempre; Por ter me dado a alegria de conviver com todos os meus amigos da Zootecnia;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, em especial ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia – PDIZ, pela oportunidade;

À REUNI, pela concessão da bolsa de estudo;

À Professora e Orientadora, Mércia Virginia Ferreira dos Santos, pelos ensinamentos, paciência, dedicação e confiança “depositada” em mim;

Aos Professores Co-Orientadores, Prof. Egídio Bezerra Neto e Prof. Mário de Andrade Lira, pelos ensinamentos e por sempre estarem disponíveis em qualquer momento;

Ao Prof. José Carlos Batista Dubeux Junior, pelos ensinamentos e ajuda durante todo o curso;

Ao Prof. Levy Paes Barreto, pelas contribuições recebidas em diferentes momentos do curso, bem como pelos ensinamentos nas disciplinas;

Ao Prof. Márcio Vieira da Cunha, pela paciência e auxílio nas estatísticas do terceiro capítulo;

Ao pesquisador Djalma Cordeiro dos Santos, por ceder o material para as pesquisas e, pelas visitas ao experimento;

A Banca examinadora, pela importante contribuição na melhoria do trabalho;

A Prof. Maria do Socorro Caldas Pinto, pela amizade e grande ajuda;

Ao Prof. João Baptista Oliveira dos Santos (*in memoriam*), pela amizade, que me deu oportunidade de estudar a Graduação em Zootecnia e me incentivou a seguir em frente;

Aos amigos do IPA Marilene, Sandra, Fábio e Sr. Neném, pela assistência na realização das análises químicas;

As estudantes de Graduação Silvânia Oliveira e Cristiane Gomes, pela importante ajuda na fase experimental;

Aos amigos da forragem Nalígia, Hiran, Rerisson, Adineide, Felipe, Suellen, Valéria, Marta, Stênio e Janete, pelas horas de descontração e amizade;

A todos os amigos da pós-graduação, pela amizade e pela convivência durante todo o curso;

A minha sogra Maria Tereza Guerra (*in memoriam*), pelo incentivo e amizade;

Á todos que além da amizade e companheirismo, contribuíram direta e indiretamente para a realização do trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

JOELMA DE LIRA FREIRE, natural de Recife – PE, iniciou o curso de graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, no ano de 2001. Em fevereiro de 2006 concluiu a graduação. Em seguida, em março do mesmo ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Forragicultura, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, concluindo em Fevereiro de 2008. Durante o período de Agosto de 2008 a Março de 2009, foi bolsista de apoio a pesquisa (CNPQ) no IPA-PE em Forragicultura e em março de 2009 ingressou no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE, concluindo o curso em dezembro de 2012.

SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas	XIII
Lista de Figuras	XIV
Resumo Geral	XV
Abstract	XVII
Considerações Iniciais	17
Considerações Finais	84
Capítulo 1 – Referencial Teórico	19
Referências Bibliográficas	32
Capítulo 2 - Crescimento e composição química da palma cv. Miúda sob diferentes níveis de salinidade e frequência de irrigação	38
Resumo	39
Abstract	40
Introdução	41
Material e Métodos	42
Resultados e Discussão	45
Conclusões	61
Referências	61
Capítulo 3 - Avaliação de clones de palma forrageira submetidos a estresse salino	64
Resumo	65
Abstract	66
Introdução	67
Material e Métodos	68
Resultados e Discussão	72
Conclusões	82
Referências	83

LISTAS DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1. Composição química da água utilizada no experimento.	43
Tabela 2. Caracterização química dos solos utilizados no experimento.	43
Tabela 3. Caracterização física dos solos utilizados no experimento.	44
Tabela 4. Escala de notas utilizadas na avaliação para danos de palma cv. Miúda.	45
Tabela 5. Total de água (L) fornecida as plantas de palma durante o período experimental, conforme os tipos de solo e frequência de irrigação.	46
Tabela 6. Condutividade elétrica do solo (dS/m) do cultivo de palma cv. Miúda, conforme as frequências de irrigação e tipos de solo.	46
Tabela 7. Número de cladódios de palma cv. Miúda, conforme as frequências de irrigação e tipos de solo.	51
Tabela 8. Produção de matéria seca (g/planta) da palma cv. Miúda, conforme as frequências de irrigação e tipos de solo.	53

Capítulo 3

Tabela 1. Clones de palma avaliados no experimento.	69
Tabela 2. Caracterização química da amostra do solo utilizado no experimento.	70
Tabela 3. Caracterização física da amostra do solo utilizado no experimento.	70
Tabela 4. Escala de notas utilizadas na avaliação para danos de clones de palma forrageira.	71
Tabela 5. Quantidade de água aplicada (L) no momento da colheita (dS/m) de clones de palma forrageira.	73
Tabela 6. Número de dias necessários para os clones de palma forrageira atingirem as notas de danos de 2, 3, 4 e 5, condutividade elétrica do drenado e condutividade elétrica do solo (dS/m).	76
Tabela 7. Produção de matéria seca (g/planta), teor de sódio (% na matéria seca) e teor de clorofila (mg/g) de clones de palma forrageira.	79
Tabela 8. Comprimento (cm), diâmetro médio (mm), área de superfície (cm ²) e peso seco (g/planta) em raízes de clones de palma forrageira.	82

LISTAS DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 1. Condutividade elétrica do solo (dS/m) do cultivo de palma cv. Miúda, conforme as frequências de irrigação e níveis de salinidade.	47
Figura 2. Largura de cladódios (cm) de palma cv. Miúda, conforme os níveis de salinidade.	48
Figura 3. Espessura e comprimento de cladódios (cm) de palma cv. Miúda, conforme os intervalos de irrigação, níveis de salinidade e tipos de solo.	49
Figura 4. Número de cladódios de palma cv. Miúda, conforme os níveis de salinidade.	51
Figura 5. Notas de danos de palma cv. Miúda, conforme os níveis de salinidade e ordem de cladódios.	52
Figura 6. Produção de matéria seca (g/planta) da palma cv. Miúda, conforme o níveis de salinidade e a frequência de irrigação.	54
Figura 7. Teor de matéria seca (%) da palma cv. Miúda, conforme as frequências de irrigação e níveis de salinidade.	55
Figura 8. Teor de matéria mineral (%) de palma cv. Miúda conforme as frequências de irrigação e níveis de salinidade.	56
Figura 9. Teor de proteína bruta (%) da palma cv. Miúda, conforme os níveis de salinidade, frequência de irrigação e tipos de solo.	57
Figura 10. Teor de fósforo (P) (% na MS), para as plantas de palma cv. Miúda, conforme os tipos de solo.	58
Figura 11. Teor de potássio (K) (% na MS), para as plantas de palma cv. Miúda, conforme os níveis de salinidade.	59
Figura 12. Teor de sódio (% na MS) da palma cv. Miúda, conforme o nível de salinidade e frequência de irrigação.	60

RESUMO GERAL

A palma forrageira é uma importante cactácea para as regiões áridas e semiáridas do Nordeste do Brasil, pois é utilizada principalmente como reserva de forragem em períodos de seca, representando um dos principais suportes forrageiros para os ruminantes. Foram realizados dois experimentos de 2009 a 2012, tendo como objetivo avaliar a frequência de irrigação e de níveis de salinidade na água sobre o crescimento e composição química da palma Miúda, bem como avaliar vinte clones de palma forrageira submetidos a estresse salino. No primeiro experimento utilizou-se palma Miúda sob quatro níveis de salinidade da água (0,3= testemunha; 0,5=baixa; 1,5=média e 3,6 dS/m = alta salinidade), associados a quatro frequências de irrigação (7, 14, 21 e 28 dias) e duas texturas de solo (areia franca e franco arenoso) em delineamento de blocos ao acaso em arranjo fatorial, com quatro repetições. No segundo experimento foram utilizados 20 genótipos de palma forrageira, e aplicação de água com salinidade de 3,6 dS/m a intervalos de 14 dias. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis repetições, sendo o peso inicial dos cladódios o critério de blocagem. O solo areia franca proporcionou menor número de cladódios e menor teor de fósforo. A água com de salinidade de 3,6 dS/m e frequência de irrigação de 7 dias proporcionaram condutividade elétrica dos solo maior (48,67 dS m⁻¹) e plantas com maior percentual de danos e menor produtividade, indicando assim a baixa tolerância desta espécie ao estresse salino. O clone Liso Forrageiro foi colhido aos 419 dias após o plantio, indicando assim sua melhor tolerância a salinidade. As maiores produtividades foram alcançadas com os clones Orelha de Elefante Africana, IPA Clone 20 e Orelha de Elefante Mexicana com 50,8; 50,6 e 51,5 g/planta, respectivamente. Os menores comprimentos de raízes foram verificados nos clones Chile Frut e Copena-V1 com 2,97 e 3,00 cm, respectivamente, apresentando também, menor tolerância ao estresse salino. Os clones de palma forrageira apresentam variabilidade quanto a adaptação às condições de salinidade, e o desempenho produtivo da palma Miúda é influenciado pela salinidade do solo e quantidade de irrigação.

ABSTRACT

The cactus pear is an important forage for arid and semiarid regions of northeastern Brazil, because it is mainly used as fodder reserves in times of drought, representing a major support forage for ruminants. Two experiments were carried out from 2009 to 2012, aiming to assess the irrigation frequency and water salinity levels on growth and chemical composition of the small cactus pear and evaluate twenty clones of cactus pear subjected to salt stress. In the first experiment it was used Miúda cactus pear under four levels of salinity (0.3 = control, 0.5 = low, 1.5 = medium and 3.6 dS m⁻¹ = high salinity), associated with the four irrigation frequencies (7, 14, 21 and 28 days) and two soil textures (loam sand and sandy loam) in a randomized block design in a factorial arrangement with four replications. In the second experiment 20 genotypes of cactus pear were used, and water with salinity of 3.6 dS m⁻¹ was applied at 14 day intervals. The experimental design was a randomized blocks with six replications, and the initial weight of the cladodes was the blocking criteria. The sandy loam soil gave smaller number of cladodes and lower phosphorus content. The water with salinity of 3.6 dS m⁻¹ and irrigation frequency of 7 days provided greater electrical conductivity of the soil (48.67 dS m⁻¹) and plants with higher percentage of damages and low productivity, thus indicating low tolerance of this species to salt stress. The clone Liso Forrageiro was harvested at 419 days after planting, thus indicating its better tolerance to salinity. The highest productivity were achieved by the clones Orelha de Elefante Africana, IPA Clone 20 and Orelha de Elefante Mexicana with 50,8; 50,6 e 51,5 g plant⁻¹, respectively. The Smaller root lengths were observed the Chile Frut and Copena-V1 clones with 2.97 and 3.00 cm, respectively, showing also less tolerance to salt stress. The cactus pear clones vary in adaptation to salinity conditions, and the productive performance of the cactus pear cv. Miúda is influenced by the soil salinity and the amount of irrigation.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A palma forrageira é uma importante cactácea para as regiões áridas e semiáridas do Nordeste do Brasil, pois são utilizadas principalmente como reserva de forragem em períodos de seca, representando um dos principais suportes forrageiros para os ruminantes. No Estado de Pernambuco, são cultivadas duas espécies de palma, a *Opuntia ficus-indica* Mill com as cultivares Gigante, Redonda e Clone IPA-20 e a *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck, cuja cultivar é a palma Miúda ou Doce. A palma pode ser colhida e armazenada por até 16 dias, para posterior fornecimento para o animal, podendo participar em até 50% da matéria seca (MS) na dieta de ruminantes.

A palma forrageira é bem adaptada as condições de semiárido, a qual apresenta sazonalidade na distribuição de chuvas, sendo distribuídas em períodos curtos do ano. Essa região possui alta evapotranspiração, solos rasos e pedregosos e apresenta baixo teor de matéria orgânica. Apesar de ser adaptada a essas regiões, a palma necessita de práticas de manejo que proporcionam aumento na qualidade e produção. A manutenção de produção está relacionada com condições climáticas de 400 a 800 mm por ano de chuva, umidade relativa de 40% e temperaturas diurnas de 25 °C e noturna de 15 °C, portanto as menores produtividades e até a morte da palma são encontradas em regiões onde a umidade relativa é baixa e as temperaturas noturnas são altas.

A palma forrageira não apresenta tolerância a estresse salino. De modo geral, ocorre inibição do desenvolvimento radicular e da parte aérea no cultivo da palma em áreas salinas. Nas regiões áridas e semiáridas em todo o mundo, solos e águas salinas são considerados a mais importante limitação para a produção de alimentos e forragens. No Brasil o problema ocorre especialmente na região Nordeste, nos perímetros irrigados. A presença de sais no solo provoca a redução no crescimento das plantas, provocando até a morte das mesmas. Essa redução no crescimento é consequência das modificações na entrada e metabolismo dos íons, potencial hídrico, nutrição mineral, fechamento de estômatos e eficiência fotossintética.

Quando o cloreto de sódio (sal que é mais presente nas áreas e semiáridas do Nordeste) está em excesso no solo, este provoca redução da permeabilidade das raízes, os estômatos fecham para reduzir as perdas de água, reduzindo assim o crescimento das plantas. O excesso de sais no solo provoca alterações nas propriedades físicas e químicas do mesmo, pois o sódio em excesso aumenta a espessura da dupla camada iônica, proporcionando

expansão das argilas, conseqüentemente diminuindo a porosidade e permeabilidade do mesmo.

A presente tese objetiva avaliar a produtividade e composição química da palma sob diferentes níveis de salinidade e irrigação, bem como conhecer clones mais tolerantes a salinidade e o potencial de produção da palma sob irrigação.

CAPÍTULO 1

REFERENCIAL TEÓRICO

AVALIAÇÃO DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia* e *Nopalea*) SOB IRRIGAÇÃO E SALINIDADE

1 – Importância da palma forrageira no semiárido

A região Nordeste apresenta características importantes, pois mais de 50% de sua área territorial apresenta clima semiárido, condição que leva a ocorrência de secas periódicas. A pecuária nessa região tem dificuldades de desenvolvimento, ocasionada pela estacionalidade na produção de forragem em determinados períodos do ano (escassez de chuvas) e pela falta de recursos do sertanejo (Lira et al., 2005).

As forrageiras nativas, embora de boa qualidade, são desfavoráveis pela periodicidade das chuvas encurtando o seu ciclo produtivo no período de escassez de água, como mecanismo de resistência à aridez da região, não podendo, assim, se constituir em suporte forrageiro disponível por longo período. Nessas regiões são utilizadas cactáceas na alimentação de ruminantes, pois ocorre busca por alimentos que possibilitem a produção animal no período crítico, ou seja, de estiagem (Bispo et al., 2007). Dentre as cactáceas fornecidas durante todo o ano nessa região destaca-se a palma forrageira (*Opuntia fícus-indica* e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). Segundo Dubeux Jr. et al. (2011), a palma forrageira é uma alternativa viável para manter níveis adequados de produtividade animal na região semiárida. Segundo Santos et al. (2011a), a palma é uma planta que apresenta características morfofisiológicas que a tornam tolerantes a longas estiagens. Devido ao seu mecanismo de fixação do CO₂ atmosférico (Metabolismo Ácido das Crassuláceas-CAM), a palma forrageira apresenta elevada eficiência no uso da água e produções anuais de aproximadamente 50 t de MS /ha /ano em condições de sequeiro.

A palma além de fornecer um alimento verde, supre grande parte das necessidades de água dos animais no período seco do ano (Oliveira et al., 2007). Tegegne et al. (2007), quando alimentaram carneiros com 80% de palma forrageira, observaram a redução de até 60% no consumo de água, tendo as exigências da mesma praticamente atendida pela dieta consumida. Considerando que esta forrageira possui teores médios de 75% de digestibilidade

(Andrade et al., 2002), dificilmente outra forrageira conseguiria, em situação edafoclimática semelhante, forragem de igual qualidade.

Por outro lado, no Nordeste do Brasil principalmente nas zonas áridas e semiáridas, ocorre a maior parte de áreas salinizadas, devido a baixa precipitação pluviométrica, aliado a drenagem deficiente e utilização de água de má qualidade, ocorrendo a formação de solos com alta concentração de sais (Holanda et al., 2007). A palma forrageira não apresenta tolerância a estresse salino, pois de maneira geral ocorre inibição do desenvolvimento radicular e da parte aérea no cultivo da palma em áreas salinas (Berry e Nobel, 1985).

A palma forrageira encontra-se distribuída em quase todos os estados do Nordeste, com destaque para os estados de Pernambuco com a variedade Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e o estado de Alagoas que tem como aptidão o plantio e cultivo da variedade Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), seguidos pelos estados da Paraíba e Sergipe (Melo et al., 2003). O controle da cochonilha tem sido objeto de diferentes pesquisas, a utilização de cultivares ou variedades resistentes ao inseto, como por exemplo, a palma Miúda e a Orelha de Elefante Mexicana e IPA-Sertânia, tem sido importantes alternativas (Vasconcelos et al., 2009).

1.1 - Adaptações morfológicas e fisiológicas da palma

As cactáceas, em especial a palma forrageira, são possuidoras de mecanismos morfofisiológicos, que permitem eficiente absorção e reduzem a evaporação de água ao mínimo. A palma como a maioria das cactáceas tem duas características importantes quanto à fotossíntese: 1º) o aparelho fotossintético está localizado nos cladódios, pois a planta não possui folhas; 2º) o processo fotossintético é conhecido como MAC (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), onde a fixação do CO₂ ocorre durante a noite. Essas características são adaptações da planta em condições de pouca disponibilidade de água (Sampaio, 2011).

Outro fator que propicia a retenção de água dentro dos cladódios é a cutícula da palma que tem uma espessura de 10 a 15 vezes maior que a das folhas das outras plantas. Os cladódios são suculentos e possuem um tecido chamado clorênquima onde acumulam bastante água nos vacúolos desse tecido. Quando falta água os cladódios vão secando, a maior perda de água é no parênquima, enquanto é mantida a hidratação do clorênquima, o que permite a continuação da fotossíntese (Sampaio et al., 2005).

A palma também apresenta algumas estruturas morfo-anatômicas que representam adaptações ao ambiente com déficit hídrico, que são a presença de tricomas e estômatos profundos, no interior de criptas formadas por camadas de cutinas sobre a epiderme, que contribuem para aumentar a eficiência do uso de água (Santos et al., 2010).

A eficiência do uso de água em plantas C3 é de 700 a 1000 kg de água para cada kg de MS; as plantas C4, de 300 a 500 kg; já as plantas MAC utilizam de 50 a 100 kg de água necessários para a produção de uma unidade de biomassa, nesse sentido essas plantas apresentam vantagem em relação as demais em locais com baixa disponibilidade de água (Fisher e Tuner, 1978). Dubeux Jr. et al (2006) avaliaram em quatro municípios do semiárido pernambucano o efeito de duas densidades de plantio (5.000 e 40.000 plantas/ha) e de adubações nitrogenada e fosfatada sobre a eficiência do uso da chuva do clone IPA 20 (*Opuntia ficus-indica* Mill.). A eficiência do uso da chuva foi superior em plantio mais adensado (40.000 plantas/ha) na presença de adubação fosfatada, com valor médio de 26,6 kg/ha de MS por mm de chuva. Esse valor foi superior ao apresentado pela mesma palma cultivada em plantio menos adensado (5.000 plantas/ha) e sem adubação fosfatada, que foi de 10,9 kg/ha de MS por mm de chuva.

A palma forrageira sendo cultivada com deficiência hídrica pode ter seu crescimento limitado por esse fator, pois com irrigação ou ampla quantidade de água fornecida, há registros de produtividade da palma de 45 a 50 t/ha/ano de MS (Nobel, 1995). A vantagem

evolutiva das plantas MAC é a abertura noturna dos estômatos para reduzir a perda de água para o ambiente, resultando em grande eficiência de uso da água. Quando é cultivada com grande disponibilidade de água, a palma forrageira passa a funcionar como plantas C3, a enzima Pep carboxilase torna-se inativa durante o dia, não havendo vantagem na abertura dos estômatos durante a noite (Sampaio, 2011). O CO₂ absorvido durante a noite é armazenado temporariamente na forma de ácido málico no vacúolo celular para posteriormente ser utilizado nas reações fotossintéticas no dia seguinte (Santos et al., 2011b).

Outra característica que permite que a palma forrageira seja adaptada em condições de pouca água é o sistema radicular que forma uma rede de raízes absorventes finas de 10 a 20 cm da superfície do solo, o qual são capazes de captar a água de chuvas mais leves, ou seja, precipitação que apenas molha a camada superficial do solo (Sampaio et al., 2005).

De acordo com Amador et al. (2001), as espécies de *Opuntia* são importantes para áreas áridas e semiáridas por serem adaptadas as condições climáticas dessas regiões. Entretanto, quando cultivadas em ambientes salinos, os desenvolvimentos de suas raízes diminuem drasticamente. Os autores, cultivando *Opuntia* em solução com NaCl, verificaram diminuição do peso seco das raízes de 13 para 2 gramas em salinidade de 2 a 21 dS/m respectivamente. Em 22 semanas de aplicação da solução salina, os autores verificaram sensibilidade da *Opuntia ficus-indica* ao estresse salino.

1.2 - Características dos principais cultivares de palma

A palma forrageira pertence à divisão Angiosperma, Classe Eudicotiledoneas, Ordem Caryophylliales e família Cactaceae (With et al., 2009). Nessa família, existem 178 gêneros, com cerca de 2.000 espécies conhecidas. Mas nos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* estão presentes as espécies de palma mais utilizadas como forrageiras.

Em Pernambuco, predomina os cultivares Gigante, Redonda, clone IPA 20 (*Opuntia ficus-indica*) e Miúda ou Doce (*Nopalea cochenillifera*). Entretanto, com a ocorrência da

cochonilha do carmim, tem ocorrido modificação de área cultivada com algumas destas dos cultivares.

A cv. Gigante é uma planta arborescente que alcança de 3 a 5 metros de altura, possui coroa larga, glabra, os cladódios medem 6,0-15,0 cm de largura, 30-60 cm de comprimento, e 19-28 mm de espessura, verdes escuros cobertos com uma camada de cera. O cladódio pesa 1 kg e suas flores são hermafroditas, de tamanho médio, coloração amarela brilhante, cuja coroa fica aberta na antese. O fruto é uma baga ovalada, grande, de cor amarela, passando à roxa quando madura. Os espinhos são quase ausentes, aproximadamente com 1 cm de comprimento, cor cinza translúcidos (Scheinvar, 2001).

A produtividade varia com o espaçamento de plantio podendo atingir 45,69 t/ha/ano de matéria verde com intervalo de corte a cada 4 anos (Farias et al., 2000). Quanto a composição química esta cultivar apresenta teores de MS, matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), de 10,7%; 85,8%; 14,2%; 5,09%; respectivamente (Melo et al., 2003).

A produção da palma redonda varia conforme o espaçamento de plantio, tendendo a aumentar a produção de massa verde de forragem quando a população de plantas adotadas são maiores, chegando a produzir 180,0 t/ha/ano de MV (Farias et al., 2005).

Quanto à composição química, a palma redonda apresenta teores médios de MS, PB, fibra bruta (FB), e carboidratos solúveis (CHOS) de 15,9; 3,7; 13,6 e 29,1%, respectivamente (Santos et al., 1992).

A *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck apresenta porte arbóreo, possui cladódios oblongos e estreitos, auréolas de 9 a 10 séries espirais, não há espinhos, encontrados por vezes em cladódios velhos, com cerca de 1cm de comprimento, flores tubulares, vermelho púrpura, quase não abre durante a antese. Os frutos são obovalados, tuberculada, apresentando coloração vermelha (Santos et al. 2010).

Segundo Vasconcelos et al. (2007), a produtividade da palma miúda é em torno de 68 t/ha/ano de matéria verde em população de 20 mil plantas/ha. A colheita pode ser realizada a cada ano, pois a sua multiplicação é mais rápida. O seu valor nutritivo é considerado melhor se comparada com as demais cultivares. Além disso, é mais resistente à cochonilha do carmim (Vasconcelos et al., 2009).

O gênero *Nopalea* é caracterizado por apresentar maior teor de MS (Santos et al., 1990) e de carboidratos (Santos et al., 1992). Torres et al. (2009), estudando a cultivar Miúda, relataram teores de MS, MO, PB, extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos totais (CT), e carboidratos não fibrosos (CHONF) de 10,28%; 87,38%; 5,48%; 2,22%; 12,62%; 37,32%; 20,16% e 79,68%, respectivamente.

1.3 – Produtividade e Colheita da palma

Resultados experimentais demonstraram que a palma se beneficia em termos de produtividade e longevidade, quando não se faz redução drástica da superfície fotossintetizante. Quando se utiliza espaçamentos menores, ou quando há consórcio da palma com feijão, sorgo ou milho deve-se deixar todos os artículos primários, e quando o cultivo é em filas duplas, devem-se deixar todos os artículos secundários (Farias et al., 2000).

Dubeux Jr. e Santos (2005) reportaram que experimentos conduzidos no Agreste de Pernambuco, em que foi aplicado no campo 20 t/ha de estrume por colheita observaram aumento de mais de 100% na produção (104,2 t/ha de MV), quando comparado com a ausência de adubação (51,0 t/ha de MV). Segundo Dubeux Jr. et al. (2011), deve-se prover condições para o máximo desenvolvimento da cultura, pois as maiores produções são obtidas com plantios mais adensados e níveis de adubação mais elevados.

Segundo Farias et al. (2005), no manejo de palma forrageira ocorre sempre interação entre frequência e intensidade de corte, em frequências de 4 anos os resultados são iguais em

relação a produção de MS se conservar tanto os artículos primários ou secundários, sugerindo que uma maior conservação de artículos é importante quando se realizam colheitas mais frequentes. Com a conservação dos artículos secundários ocorre maior índice de área de cladódios remanescentes após o corte, o que possibilita uma maior eficiência fotossintética, com maior acúmulo de reservas na planta. A palma forrageira, portanto pode ser colhida na frequência de dois ou quatro anos, de acordo com a necessidade do rebanho, sem o comprometimento da produtividade do palmal e com pequena variação no valor nutritivo. O corte realizado a cada dois anos para o clone Orelha de Elefante Mexicana apresentou produtividade de 55t/ha/ano de MS, conservando os cladódios primários e sob condições de (Santos et al., 2011a; Santos et al., 2011b).

Em condições de casa de vegetação e cultivo em vaso, Dubeux Jr. et al. (2010) verificaram produtividade de 86,25 g/vaso de MS do clone IPA 20, quando utilizaram adubação fosfatada de 4,25 g/vaso de P_2O_5 associado a adubação potássica de 4,05 g/vaso de K_2O . A produtividade de palma forrageira cv. Gigante em casa de vegetação também foi verificada por Teles et al. (2002), que encontraram nos tratamentos de solução com macronutrientes completa somado a micronutrientes e nematicidas maior valor com 58,52 g/vaso, se comparado ao testemunha (sem solução nutritiva de micro e macronutrientes) com produtividade de 30,62 g/vaso, fato devido a fertilização que promoveu aumento crescente da palma forrageira.

Em se tratando de produtividade de palma forrageira cultivadas sob estresse salino, Silvermam et al. (2006) trabalharam com *Opuntia humifusa* em solução salina de 50 a 400 mMol e verificaram redução de peso seco de 50 para 8g em 6 semanas de cultivo.

Munns e Tester (2008) citam que a salinidade de 0,76 a 2,0 dS/m, no extrato de pasta saturada é considerado baixo, assim o crescimento até esse nível é adequado para forragens

em crescimento, de 2,0 a 3,5 dS/m é considerado alto para a maioria das culturas, incluindo cactáceas.

1.4 - Composição química da palma forrageira

A composição química da palma forrageira depende do gênero, espécie, variedade, idade da planta, ordem do artículo, estação do ano e adubação (Santos et al., 1990).

O teor de MS é baixo, variando de 7,01 a 11,94 (Valdez e Rivera, 1992). O alto teor de umidade, entretanto, é uma característica positiva, uma vez que nas regiões semiáridas o fornecimento de água pode ter sérias limitações. Assim sendo, a utilização de palma forrageira na alimentação de ruminantes pode reduzir a necessidade de suprimento hídrico para essas espécies, uma vez que o consumo de palma forrageira por bovinos, caprinos e ovinos resulta em redução da ingestão de água (Ben Salem et al., 1996; Lima et al., 2003; Ben Salem et al., 2005).

Santos et al. (2001), estudando a composição químico bromatológica das cultivares Gigante, Redonda e Miúda, verificaram valores de MS, PB, cálcio (Ca) e fósforo (P) para a cultivar Redonda de 11,00; 5,93; 1,88 e 0,08% a cultivar Miúda apresentou 11,96; 6,28; 3,88; 0,11% de MS, PB, Ca e P, respectivamente. Segundo os autores o maior teor de MS para a cultivar Miúda é de importância se considerar a limitação da palma no atendimento as necessidades de matéria seca do animal. Oliveira et al. (2007) verificaram na composição química da palma forrageira os valores de FDN e FDA de 35,81 e 26,03% respectivamente, sendo considerados baixos em relação as gramíneas.

A palma forrageira cultivada sob estresse salino tem suas características de composição química alterada em decorrência de alterações metabólicas decorrentes da toxidez do excesso de sais. Silverman et al. (2006), aplicando soluções salinas que variavam de 50 a 400 mM em *Opuntia humifusa*, verificaram aumento no teor de matéria seca de 11 para 25% e diminuição do teor de proteína bruta de 4 para 2,3% na matéria seca.

Trabalhando em condições de casa de vegetação com palma irrigada frequentemente, Teles et al. (2002) observaram media de teor de matéria seca de 7,2%, enquanto que na literatura os valores encontram-se em aproximadamente 10,2%, sendo os resultados obtidos associados à irrigação freqüente, contribuindo para aumento de umidade nos cladódios da planta.

2 - Salinidade e Sodicidade

Segundo a FAO (2002), aproximadamente 30 milhões de hectares do planeta são afetados por sais, e de 0,25 a 0,5 milhões de hectares de área produtiva são perdidos a cada ano em função da salinização do solo. As áreas salinizadas continuam aumentando em função da utilização de sistemas de irrigação inadequados e dos desmatamentos, onde cerca de 20% do total das áreas irrigadas encontram-se salinizadas. O solo é considerado salino quando apresenta $\text{pH} < 8,5$; $\text{CE} > 4,0 \text{ dS/m}$ e $\text{PST} < 15\%$. O salino sódico tem $\text{pH} > 8,5$; $\text{CE} > 4,0 \text{ dS/m}$ e $\text{PST} > 15\%$; e sódico quando tem $\text{pH} > 8,5$; $\text{CE} < 4,0 \text{ dS/m}$ e $\text{PST} > 15\%$ (FAO, 2005).

A salinidade e a sodicidade presentes em solos ocorrem principalmente nas regiões áridas e semiáridas no mundo. No Brasil, as áreas salinas concentram-se na sua maior parte na região Nordeste, principalmente nos perímetros irrigados, onde a água evapora depositando íons no solo (Holanda et al., 2007). Segundo Lima et al. (2004), o impacto da salinidade agrícola é um problema, principalmente nas zonas áridas e semiáridas, que dependem da irrigação para um suprimento adequado de água para as culturas. Essas áreas irrigadas são, particularmente, predispostas à salinização. Isto se deve tanto ao uso de água salina, quanto à elevação do lençol freático decorrente do excesso de rega associado a uma drenagem insuficiente, acumulando sais no solo. Esses solos, quando salinos (CE maior que $4,0 \text{ dS/m}$) apresentam uma concentração de sais que são suficientes para reduzir o crescimento da maioria das espécies vegetais (Munns e Tester, 2008).

O principal efeito de salinidade no solo é a diminuição da fertilidade, e nas plantas esses efeitos implicam na perda de produtividade e de qualidade. De maneira geral surge inicialmente clorose nas bordas das folhas que evolui para necrose, podendo levar a morte da planta (Gheyi et al., 2010).

A capacidade da planta de sobreviver e se desenvolver em um ambiente de estresse salino é em função dos seus mecanismos de tolerância ou escape ou a combinação de ambos (Munns e Tester, 2008). Segundo Pereira (2008), quando culturas não tolerantes à salinidade são submetidas a valores de condutividade elétrica (CE) do extrato de saturação entre 2,0 e 4,0 dS/m equivalente a 25 e 50 mM/L, respectivamente, a produtividade já é afetada, e acima de 8,0 dS/m (100 mM) os rendimentos de muitas culturas de importância agrícola são reduzidos.

3 - Solos salinos

A origem dos solos salinos e sódicos é variada, mas as principais fontes naturais de acúmulo de sais no solo são o intemperismo de minerais, a precipitação atmosférica em conjunto com as altas evapotranspirações e os sais fósseis. Outros fatores que podem salinizar os solos são o uso indiscriminado e excessivo de fertilizantes e ausência de um eficiente sistema de drenagem (Pereira, 2008).

Em regiões úmidas, os sais são transportados através do perfil do solo, sendo depositado nos lagos, rios ou oceanos. Nas regiões áridas e semiáridas, a movimentação de sais é restrita, devido ao fato de a drenagem ser insuficiente, havendo acúmulo de sais na camada superficial do solo, em função da alta evaporação aliada a baixa precipitação pluviométrica (Silva Jr. et al., 1999).

Os critérios utilizados para classificar os solos afetados por sais são: condutividade elétrica do extrato de saturação (CE) e a percentagem de sódio trocável (PST). A PST indica a proporção do íon sódio, na fase trocável do solo, enquanto que a CE é medida no extrato de

saturação e corresponde à presença de sais na solução do solo, expressa em dS/m, milisiemens/cm ou microsiemens/cm, dependendo da magnitude da CE. A CE estima o total de sais solúveis, tanto no solo como na água, porque os íons presentes em solução conduzem corrente elétrica, e quanto maior a concentração salina, maior a concentração de íons e maior será a corrente elétrica conduzida pela solução (Flowers, 2004). A determinação do pH do solo é uma indicação da salinidade do solo, pois os solos salinos são, geralmente, alcalinos ($\text{pH} > 7$) (Munns e Tester, 2008).

4 - Águas salinas

De acordo com a FAO (2005), a água de irrigação em contato com solos ricos em sais pode se tornar salina, e se não for de boa qualidade e bem manejada, a área que recebeu essa irrigação com o tempo também se torna salina, formando um ciclo.

Segundo Richards (1980), as águas são classificadas em salinidade baixa (0,10 a 0,25 dS/m), salinidade média (0,25 a 0,75 dS/m), salinidade alta (0,75 a 2,25 dS/m) e salinidade muito alta (acima de 2,25 dS/m). Costa et al. (2006) citam que a condutividade elétrica é a variável que melhor expressa a salinidade das águas. As águas usadas na irrigação são de diferentes origens podendo apresentar relação de adsorção de sódio (RAS) até mais de 30 (RAS = quantidade de sódio na água e o risco associado de causar sodicidade no solo) (Pereira, 2008).

Um estudo realizado por Nunes Filho et al. (2000) em que coletaram 100 amostras de águas superficiais (açudes, rios, riachos) e 75 amostras de águas subterrâneas (poços, cacimbas) em 33 municípios no sertão pernambucano, verificaram que a maioria das águas superficiais estudadas se enquadra na classe de salinidade média (0,25 a 0,75 dS/m), enquanto que as águas subterrâneas apresentaram salinidade muito alta acima de 2,25 dS/m.

No Rio Grande do Norte, Costa et al. (2006), recolhendo 673 amostras de água de poços, verificaram que em 90% das mesmas, os sólidos totais dissolvidos apresentaram média

de 1.818 mg/L. Essas águas de um modo geral são de salinidade elevada e essa característica constitui o fator limitante ao uso das mesmas.

5 - Efeitos da salinidade nas plantas

Nas áreas salinas onde ocorrem atividades agrícolas há uma demanda de substituição de culturas mais sensíveis por outras tolerantes, onde juntamente com as técnicas de manejo possibilita aos agricultores a utilização dessas áreas, além da sustentabilidade e produções economicamente viáveis (Oliveira et al., 2005).

Nunes Filho et al. (2000) verificaram que os principais íons encontrados nas águas salinas superficiais e subterrâneas no estado de Pernambuco foram o sódio (Na^+) e o cloro (Cl). Segundo Ferreira et al. (2001), o NaCl provoca a redução na absorção e transporte de elementos essenciais ao desenvolvimento e crescimento das plantas. O desequilíbrio nutricional constitui um importante componente do estresse salino. O aumento na concentração de Na^+ no ambiente radicular pode causar a redução na absorção de K^+ . No entanto, a concentração que determina esta redução varia com a espécie, podendo este fato estar associado com sua tolerância à salinidade.

De acordo com Brownell e Crossland (1972), apesar do íon Na^+ ser essencial às espécies C4 por atuar na regeneração da enzima fosfoenolpiruvato-carboxilase (Pepcase), quando em excesso, promovem desordens fisiológicas (Munns e Tester, 2008), resultando em diminuição ou até mesmo perdas do potencial produtivo de gramíneas C4 cultivadas (Amorim et al., 2005; Dantas et al., 2006).

Munns e Tester (2008) citam que a resposta de uma planta ao estresse salino se dá principalmente pela redução do crescimento em consequência a dois tipos de estresse: o estresse osmótico e o iônico.

5.1 - Estresse Osmótico – Afeta imediatamente o crescimento, sendo causado pela presença de íons NaCl e outros sais fora das raízes. As plantas retiram água do solo quando as forças de

embebição são superiores as forças com que a água é retida no solo. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico. O excesso de sais no solo aumenta a pressão osmótica, atingindo nível em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar o potencial osmótico e em consequência a planta não irá absorver água, havendo escassez da mesma (Lauchli e Epstein, 1990; Muhling e Lauchli, 2002).

5.2 - Estresse Iônico – Este se desenvolve com o passar do tempo e é devido a acumulação de íons no interior da planta e pela capacidade da planta de tolerar esses íons. Isso acontece quando a planta absorve junto com a água sais do solo, havendo toxidez por excesso de sais absorvidos (Munns et al., 2002).

A resposta da planta a esse estresse começa quando o sal se acumula em concentrações tóxicas nas folhas velhas, até chegar a morte das mesmas. Se a taxa com que elas morrem é maior que a velocidade que as novas são produzidas, a capacidade fotossintética da planta se reduz, não sendo mais capaz de fornecer carboidratos para a planta, reduzindo então seu crescimento (Munns e Tester 2008)

Desta maneira é importante a identificação de solos e águas afetados por sais na zona semiárida do Nordeste do Brasil, e a obtenção de palma forrageira que tenha a capacidade de sobreviver e produzir satisfatoriamente a essas condições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADOR, M. B.; AVILA, A. C.; DIEGUEZ, E. T. Effects of NaCl salinity on growth and production of Young cladodes of *Opuntia ficus-indica*. **Journal Agronomy & Crop Science**, v.187, p. 269-279, 2001.

AMORIM, D. M. B.; NOTARO, I. A.; FURTADO, D. A.; GHEYI, H. R.; BARACUHY, J. G. V. Avaliação de diferentes níveis de salinidade da água utilizada na produção de forragem hidropônica de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, suplemento, p. 339-342. 2005.

ANDRADE, D. K. B. de.; FERREIRA, M. de A.; VÉRAS, A. S. C.; WANDERLEY, W. L.; SILVA, L. E.; CARVALHO, F. F. R. de.; ALVES, K. S.; MELO, W. S. de. Digestibilidade e Absorção Aparentes em Vacas da Raça Holandesa Alimentadas com Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em Substituição à Silagem de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p. 2088-2097, 2002.

BEN SALEM, H.; ABDOULI, H.; NEFZAOU, A.; EL-MASTOURI, A.; BEM SALEM, L. Nutritive value, behaviour, and growth of barbarine lambs fed on oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) and supplemented or not with barley grains or spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *Inermis*) pads. **Small Ruminant Research**, v. 59, p. 229 – 237, 2005.

BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A.; ABDOULI, H.; ORSKOV, E. R. Effect of increasing level spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* var. *inermis*) on intake and digestion by sheep given straw-based diets. **Animal Science**, v.62, n.1, p.293-299, 1996.

BERRY, W. L.; NOBEL, P. S. Influence of soil and mineral stress on cacti. **Journal of Plant Nutrition**, v. 8, n. 8, p. 679-696, 1985.

BISPO, S.V.; FERREIRA, M. de A.; VERAS, A. S. C.; BATISTA, A. M. V.; PESSOA, R. A. S.; BLEUEL, M. P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.

BROWNELL, P. F.; CROSSLAND, C. J. The requirement for sodium as a micronutrient by species having the C4 dicarboxylic photosynthetic pathway. **Plant Physiology**, v. 49, n. 5, p. 794-797, 1972.

COSTA, A. M. de; MELO, J. G. de; SILVA, F. M. da. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 20, n.1, p. 67-82, 2006.

DANTAS, J. A.; BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P.; SANTOS, M. V. F. dos. Efeito da salinidade sobre o crescimento e composição mineral de seis clones de *Pennisetum*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 97-101. 2006.

DUBEUX JR. J. C. B.; ARAUJO FILHO, J. T. de.; SANTOS, M. V. F. dos; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C. dos; PESSOA, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira –Clone IPA-20, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.129-135, 2010.

DUBEUX JR., J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C. dos.; FARIAS, I.; LIMA, L. E.; FERREIRA, R. L. C. Productivity of *Opuntia ficus* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006.

DUBEUX JR., J. C. B.; SANTOS, M. V. F. 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.

DUBEUX JR., J. C. B.; SARAIVA, F. M.; SANTOS, D. J. C. dos.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F. dos.; SILVA, N. G. de M. e. Exigencias nutricionais e adubação da palma forrageira. In. 2º congresso Brasileiro de Palma e outras cactáceas. Garanhuns – PE. 2011. **Anais..** Garanhuns, 2011.

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.

FARIAS, I.; LIRA, M. de A.; SANTOS, D. C. dos.; TAVARES FILHO, J. J.; SANTOS, M. V. F. dos.; FERNANDES, A. P. M.; SANTOS, V. F. dos. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consorcio com sorgo granífero no Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 341-347, 2000.

FARIAS, I.; SANTOS, D. C. dos.; DUBEUX JR. J. C. B. In. MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. Estabelecimento e Manejo da Palma Forrageira. In: **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.

FERREIRA, R. G.; TÁVORA, F. J. A.; HERNANDEZ, F. F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 79-88, 2001.

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

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, p. 307-319, 2004.

HOLANDA, A. C.; SANTOS, R. V. dos; SOUTO, J. S.; ALVES, A. R. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por sais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p. 39-50, 2007.

LÄUNCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: Tanji, K.K. (ed), **Agricultural Salinity Assessment and Management**. American Society of Civil Engineers. p. 113-137,1990.

LIMA, R. M. B.; FERREIRA, M. de A.; BRASIL, L. H. de A.; ARAÚJO, P. R. B.; VÉRAS, A. S. C.; SANTOS, D. C. dos.; CRUZ, M. A. O. M.; MELO, A. A. S. de.; OLIVEIRA, T. N. de.; SOUZA, I. S. Substituição do milho por palma forrageira: comportamento ingestivo de vacas mestiças em lactação. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 25, n. 2, p. 347 - 353. 2003.

LIMA, C. D. S.; GOMES, H. de S.; DETONI, C.E. Adição de uréia e da levedura *Saccharomyces cerevisiae* no enriquecimento protéico da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* L) CV. Miúda. **Revista Magistra**, v.16, n. 1, p. 01-08, 2004.

LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F. dos.; CUNHA, M. V. da.; MELLO, A. C. L. de.; FARIAS, I.; SANTOS, D. C. dos. Utilização da palma forrageira na pecuária leiteira do semiárido. **Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 2, p. 107-120, 2005.

MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; LIRA, M. de A.; LIMA, L. E. de; VILELA, M. da S.; MELO, E. O. S. de; ARAÚJO, P. R. B. Substituição Parcial do Farelo de Soja por Uréia e Palma Forrageira (*Opuntia ficus- indica* Mill) em Dietas Para Vacas em Lactação. I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.727-736, 2003.

MÜHLING, K.H.; LAUCHLI, A. Effect of salt stress on growth and compartmentation in leaves of two plants species differing in salt tolerance. **Journal of Plant Physiology**, v. 159, p. 137-146, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual review of Plant Biology**, v. 59, n. 4, p. 651-681, 2008.

MUNNS, R.; HUSAIN, S. RIVELLI, A. R.; RICHARD, A. J.; CONDON, A. G.; MEGAN, P. L.; EVANS, S. L.; SCHACHTMAN, D. P.; HARE, R.A. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. **Plant and Soil**, v.247, p. 93-105, 2002

NOBEL, P. S. Environmental biology. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIEN-TA-BARRIOS, E.; ARIAS-JIMENEZ, E. **Agroecology, cultivation and uses of cactus pear** FAO, p. 36-48, 1995.

NUNES FILHO, J.; SOUZA, A. R. de; LIMA, V. A.; LIMA, B. P. Relações entre a concentração de íons e a salinidade de águas subterrâneas e superficiais, visando a irrigação, no sertão pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 189-193, 2000.

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**, (suplemento), p. 6 -10, 2005.

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

PEREIRA, J. R. Solos afetados por sais. In. CAVALCANTI, F. J. de A.; SANTOS, J. C. P. dos.; PEREIRA, J. R. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**, 3ª Ed. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, p. 212, 2008.

RICHARDS, L. A. **Diagnóstico y rehabilitacion de suelos salinos e sódicos**. México: editorial Limusa, p, 172. 1980.

SILVA JUNIOR, L. G. de A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de. Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 11-17, 1999.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fisiologia da palma. In. RÔMULO S. C.; MENEZES, S.; 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.

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

SANTOS, D. C. dos.; LIRA, M. A.; SILVA, M. C. Genótipos de palma forrageira para áreas atacadas pela cochonilha do carmim no sertão Pernambucano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6, Búzios, 2011. **Anais...** CBMP, Búzios, 2011^a

SANTOS, D. C. dos.; SANTOS, M. V. F. dos.; FARIAS, I.; DIAS, F. M.; LIRA, M. de A. Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holando/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1. P, 12-27, 2001.

SANTOS, M. V. F. dos.; CUNHA, M. V. da.; LIRA, M. A.; DUBEUX JR. J. C. B.; FREIRE, J. de L.; PINTO, M. S. de C.; SANTOS, D. C. dos.; SOUZA, T. C. de.; SILVA, M. da C. Manejo da palma forrageira In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALMA E OUTRAS CACTACEAS, 2, GARANHUNS, 2011. **Anais...** Garanhuns, 2011b.

SANTOS, M. V. F. dos.; LIRA, M. A.; DUBEUX JR. J. C. B.; FERREIRA, M. A.; CUNHA, M. V. da. Palma forrageira, In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A.. **Plantas Forrageiras**, Viçosa: UFV, p. 204-215, 2010.

SANTOS, M.V.F. dos.; LIRA, M. A.; FARIAS, I.; BURITY, H. A.; NASCIMENTO, M. M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante redonda (*Opuntia-ficus indica* Mill.) e miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck.) na produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.19, n. 6, p. 504-511. 1990.

SANTOS, M.V.F. dos.; LIRA, M.A.; FARIAS, I.; BURITY, H. A.; TAVARES FILHO, J. J. Efeito do período de armazenamento pós-colheita sobre o teor de matéria seca e composição química das palmas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.6, p.777-783, 1992.

SCHEINVAR, L. Taxonomia das *Opuntias* utilizadas. In. **FAO , Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**, p. 20-27, 2001.

SILVERMAN, F. P.; YOUNG, D. R.; NOBEL, P. S. Effects of applied NaCl *Opuntia humifusa*. **Revista Physiologia Plantarum**, v. 72, n. 2, p. 343-348, 2006.

TEGEGNE, F.; KIJORA, C.; PETERS, K. J. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. **Small Ruminant Research**, n.72, p. 157-164, 2007.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F. dos.; DUBEUX JR., J. C. B.; BEZERRA NETO, E.; FERREIRA, R. L. C.; LUCENA, J. E. C.; LIRA, M. de A. Efeitos da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 52-60, 2002.

TORRES, L.C.L.; FERREIRA, M.A.; GUIM, A. VILELA, M. da S.; GUIMARÃES, A. V.; SILVA, E. C. da. Substituição da palma-gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2264-2269, 2009.

VALDEZ, C.A.F.; RIVERA, J.R.A. **El nopal como forrage**. 2ª ed. Chapingo. Universidad Autonoma Chapingo. 177 p. 1992.

VASCONCELOS, A. G. V. de; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. A. L.; SANTOS, M. V. F. dos; CÂMARA, T.; WILLADINO, L. Micropropagação de palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* – Salm Dyck). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.28-31, 2007.

VASCONCELOS, A. G. V. de.; LIRA, M. de A.; CAVALCANTI, U. L. B.; SANTOS, M. V. F. dos; WILLADINO, L. Seleção de clones de palma forrageira resistentes a cochonilha-do-carmim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009.

WITH, M. C.; FAY, M. F.; REVEAL, J. L. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APGIII. **Botanical Journal of the Linnean Society**, p, 17, 2009.

Capítulo 2

Crescimento e composição química da palma cv. Miúda sob diferentes níveis de salinidade e frequência de irrigação

Crescimento e composição química da palma cv. Miúda sob diferentes níveis de salinidade e frequência de irrigação

Resumo - A palma é uma importante alternativa para alimentação animal nas condições do semiárido, no entanto, a sua produção também é influenciada pelo nível de salinidade do solo. O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da frequência de irrigação e da salinidade do solo sobre o desenvolvimento e composição química da palma Miúda. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, no período de Dezembro de 2009 a julho de 2010. Foi plantado um cladódio por vaso de polietileno contendo 10 kg de solo com textura Areia franca ou Franco arenoso, ambos coletados em São Bento do Una, região semiárida de Pernambuco. A palma utilizada foi a cultivar Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) oriunda da Estação Experimental de Arcoverde do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA. O experimento constou de um arranjo fatorial entre quatro níveis de salinidade da água: 0,3 (Testemunha); 0,5 (baixa); 1,5 (média) e 3,6 (alta salinidade) (dS/m), associados a quatro frequências de irrigação (7, 14, 21, e 28 dias) e duas texturas de solo (areia franca e franco arenoso) em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. O solo areia franca proporcionou menor número de cladódios por planta (4,50) e menor teor de fósforo na planta (0,15%). A água de irrigação com de salinidade de 3,6 dS/m e a frequência de irrigação de 7 dias proporcionaram maior condutividade elétrica dos solos, e plantas com maior percentual de danos, menor produtividade (30,22g/planta), indicando assim a baixa tolerância da palma cv. Miúda ao estresse salino.

Palavra chave: condutividade elétrica, cladódios, estresse salino, semiárido

Trabalho elaborado pelas normas da revista PAB-Pesquisa Agropecuária Brasileira

Growth and chemical composition cactus pear cv. Miúda under different levels of salinity and irrigation frequency

Abstract - The cactus pear is an important alternative for animal feeding in semi-arid conditions, however, its production also is influenced by the level of soil salinity. The aim of this study was to evaluate the influence of irrigation frequency and soil salinity on development and chemical composition of cactus pear cv. Miúda. The experiment was carried out in a greenhouse at the Department of Animal Science at the Federal Rural University of Pernambuco – UFRPE (Brazil) in the period of December 2009 to July 2010. It was planted one cladode per polyethylene pot containing 10 kg of loam sand soil or sandy loam soil, both collected at São Bento do Una, semiarid region of Pernambuco. It was used the cv. Miúda of cactus pear (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) brought from the Experiment Station Arcoverde of the Agronomic Institute of Pernambuco - IPA. The experiment consisted of a factorial arrangement of four levels of water salinity: 0.3 (control), 0.5 (low), 1.5 (medium) and 3.6 (high salinity) (dS m^{-1}), associated four irrigation frequencies (7, 14, 21, and 28 days) and two soil textures (loam sand soil and sandy loam soil) in a randomized block design with four replications. The loam sand soil provided a smaller number of cladodes per plant (4.50) and lower phosphorus content in the plants (0.15%). The irrigation water with salinity of 3.6 dS m^{-1} and the irrigation frequency of 7 days provided greater electrical conductivity of soil, and plants with the highest percentage of damage, lower productivity ($30,22 \text{ g plant}^{-1}$), thus indicating the low tolerance the cactus pear cv. Miúda to salt stress.

Keyword: electrical conductivity, cladodes, salt stress, semiarid

Introdução

A salinidade de solos e águas é considerada um dos fatores que mais limitam a produção, principalmente em áreas áridas e semiáridas no mundo (Munns, 2002). Nas áreas semiáridas, que ocupam 60 a 65 % da área total do Nordeste brasileiro que dependem da irrigação, 25% dessas se encontram salinas (Gheyi, 2000). Nessas áreas, é comum o uso de águas de cacimbas e poços escavados próximos dos rios, onde muitas vezes são inadequadas para irrigação, contribuindo para o acúmulo de sais nos solos. Segundo Amorim et al. (2002), mesmo águas de baixa salinidade quando utilizadas para irrigação, podem se tornar um fator de salinização dos solos. Nunes Filho et al. (2000), trabalhando em 33 municípios do sertão de Pernambuco, verificaram valores de condutividade elétricas nas águas superficiais de até 2,25 dS/m, considerados de salinidade alta, com frequência de 30% para essas águas. Já as águas subterrâneas consideradas como poços e cacimbas apresentam salinidade média de 1,00 a 2,90 dS/m.

Para utilização dos solos salinos, é necessária a melhora das características fisiológicas das plantas, adaptando-as às condições ambientais, para evitar um decréscimo da produtividade. Segundo Munns e Tester (2008), a adaptação da planta ao solo, ou seu melhoramento, é viável se comparada com as técnicas de recuperação de solo que tem custo elevado.

A palma (*Opuntia* e *Nopalea*) é uma das forrageiras cultivadas de grande importância nas áreas semiáridas do Nordeste brasileiro. A cultivar Miúda apresenta maior exigência em água e é de grande importância por ser resistente à cochonilha do carmim, praga que tem provocado perdas nos palmais (Santos et al., 2010).

A palma apresenta baixa tolerância a estresse salino (Dubeux Júnior e Santos, 2005) e não se conhece experimentalmente seu potencial de produção sob irrigação nas condições do Nordeste do Brasil. Franco Salazar e Veliz (2007), trabalhando com *Opuntia ficus-indica* em

cultivo hidropônico com diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl), verificaram que a salinidade afetou o crescimento das plantas, diminuindo tanto a parte aérea como as raízes das mesmas.

Assim, objetivou-se avaliar o crescimento, e composição química da palma miúda em função da frequência de irrigação, níveis de salinidade na água e dois tipos de solos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, no período de dezembro de 2009 a julho de 2010. Como material de plantio foram utilizados cladódios maduros, retirados da porção intermediária da planta, pesando entre 175 e 475g de peso fresco. Foi plantado um cladódio por vaso de polietileno contendo em cada vaso 10kg de solo com duas texturas diferentes (Areia Franca e Franco Arenoso), ambos coletados em São Bento do Una, região semiárida de Pernambuco. A palma utilizada foi a Miúda oriunda da Estação Experimental de Arcoverde do IPA.

Foram testados quatro níveis de salinidade na água de irrigação, sendo estabelecido segundo a classificação de Richards (1980) de 0,3 (testemunha); 0,5 (baixa); 1,5 (média) e 3,6 dS/m (alta salinidade), associados a quatro frequências de irrigação (7, 14, 21, e 28 dias) e duas texturas de solo (Areia Franca e Franco Arenoso). O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso em arranjo fatorial, sendo o peso inicial dos cladódios o critério de blocagem, com quatro repetições.

Foi realizada a leitura da condutividade elétrica da água de irrigação pura, através de condutivímetro portátil resultando em 0,3 dS/m. Para estabelecer a quantidade de sódio a colocar na água de irrigação nos três níveis de salinidade a serem testados, foi feita a leitura da condutividade elétrica por meio de um condutivímetro das soluções com 0,25; 0,5 e 1 g/L

de NaCl (cloreto de sódio) em água deionizada, onde após a leitura foi gerada uma equação onde se identificou a quantidade de cloreto de sódio a ser colocada na água de irrigação.

Também foram determinadas a condutividade elétrica do solo no início e término do experimento. Inicialmente foram tomadas três amostras de cada solo, sendo preparadas as pastas de saturação para a obtenção dos extratos (Richards, 1980), nos quais foi medida a condutividade elétrica, que correspondeu à 0,50 e 0,86 dS/m, para o solo Areia Franca e Franco Arenoso, respectivamente.

Foi realizada a análise química da água de irrigação no Laboratório de Análises Químicas da Água - Qualiágua em Recife-PE (Tabela 1) e dos solos no Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Tabela 2).

Tabela 1. Composição química da água utilizada no experimento.

pH	CE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl-
	dS/m	-----mmolc/L-----				
4,49	0,25	0,02	0,13	0,02	2,14	1,30

Tabela 2. Caracterização química dos solos utilizados no experimento.

Solos	pH	*P	*Na ⁺	*K ⁺	**Ca ²⁺	Mg ²⁺	**Al ³⁺	***H+Al	M.O.
		(mg/dm ³)	----- (cmolc/dm ³) -----						g/kg
Areia franca	4,95	80	0,26	1,05	1,20	0,90	0,15	3,11	23,73
Franco arenoso	5,85	180	1,09	2,51	3,60	2,70	0,00	3,73	31,70

* Extrator Mehlich, método de análise química utilizado pela Embrapa solos;

** KCl 1 mol L⁻¹; *** acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0; pH=em água relação 1/25.

A análise física para identificar a textura dos solos experimentais foi realizada no Laboratório de Física do solo do IPA (Tabela 3), comprovando a textura dos mesmos.

Tabela 3. Caracterização física dos solos utilizados no experimento.

Densidade (g/cm ³)		Composição Granulométrica (%)				Classe Textural
Ds ¹	Dp ²	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
1,74	2,65	68	16	10	6	Areia Franca
1,50	2,65	43	21	22	14	Franco Arenoso

1= Densidade do solo; 2 = Densidade das partículas.

Em cada vaso, foi feita a aplicação da solução estoque nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) para micronutrientes no solo numa quantidade de 8 mL/vaso). A adubação nitrogenada foi realizada utilizando nitrato de amônio (NH₄NO₃) a 33%, aplicando-se 3g/vaso de N equivalente à aplicação de 20 mL/vaso de NH₄ NO₃. A água aplicada foi quantificada por vaso, sendo cessada a aplicação quando a água era drenada. Após o término do experimento foi realizada a soma de toda a água aplicada por solo e por tratamento durante o período experimental.

Foram realizadas avaliações nas plantas, as quais consistiram em número de cladódios, largura, comprimento e espessura dos cladódios. Para mensurar a largura e comprimento foi utilizada uma fita métrica, a espessura foi medida por meio de paquímetro. Para avaliar os danos nas plantas foi utilizada uma escala de notas, sendo avaliada toda a planta e cladódios individualmente a cada 14 dias, variando de 1 a 5 (Tabela 4), sendo considerado dano aquele cladódio que apresentasse aspecto de desidratação e coloração amarelada. A colheita das plantas foi efetuada no dia 20 de julho de 2010, após 225 dias da aplicação dos tratamentos experimentais, quando todas as plantas do mesmo tratamento em todos os blocos apresentaram 100% de danos.

Tabela 4. Escala de notas utilizadas na avaliação para danos de palma cv. Miúda.

Nota	Danos (%)
1	0
2	1-25
3	26-50
4	51-75
5	76-100

Fonte: Adaptado de Ponnampereuma, 1977.

A análise da composição química foi realizada em amostras compostas por todos os cladódios das palmas. Foram determinados os teores de matéria seca (MS) e matéria mineral (MM), os quais foram realizados no Laboratório de Plantas Forrageiras do Departamento de Zootecnia – UFRPE. Os teores de do nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), sódio (S) foram realizados Laboratório de Análises de Plantas e Rações do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, de acordo com metodologia descrita pela AOAC (1980).

A análise de variância foi realizada utilizando-se o pacote computacional Procmixed do Software SAS (SAS, 1999) sendo as médias dos tratamentos experimentais, quando significativos, comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, em seguida, foi realizada a análise de regressão pelo software Assistat versão 7.6 (Assistat, 2012).

Resultados e discussão

Ocorreram diferenças significativas entre tipos de solo e frequência de irrigação para o total de água fornecida as plantas ($P < 0,05$). A quantidade total de água foi maior quando se utilizou a frequência de irrigação de sete dias, para os dois solos avaliados (Tabela 5). Com a frequência de sete dias de irrigação, os vasos receberam em média 32 litros de água ao final do experimento. Nas frequências de irrigação de 7, 14 e 28 dias não observou-se diferença entre os solos, enquanto que na frequência de 21 dias o total de água foi maior no solo Franco Arenoso.

Neste sentido, Maathuis (2006) afirma que o excesso de sais solúveis no solo provoca uma redução no potencial hídrico do solo, induzindo a menor capacidade de absorção de

água, dependendo do estado físico-químico do solo. Altas concentrações de sódio no solo, além de prejudicar diretamente as plantas, degradam a estrutura do mesmo, decrescendo a porosidade e a permeabilidade da água (Munns e Tester 2008).

Tabela 5. Total de água (L) fornecida as plantas de palma durante o período experimental, conforme os tipos de solo e frequência de irrigação.

Frequência de irrigação (dias)	Solos	
	Franco arenoso	Areia franca
7	32,125aA	32,660aA
14	17,433aB	17,790aB
21	14,135aC	11,885bC
28	8,543aD	8,645aD
CV (%) 2,94		

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste F e Tukey, respectivamente.

Verificaram-se efeitos significativos ($P < 0,05$) na interação entre os níveis de salinidade e frequências de irrigação (Figura 1) e entre tipos de solo e frequências de irrigação para a condutividade elétrica do solo (Tabela 6),.

Tabela 6. Condutividade elétrica do solo (dS/m) do cultivo de palma cv. Miúda, conforme as frequências de irrigação e tipos de solo.

	Frequencia de irrigação (dias)			
	7	14	21	28
Franco Arenoso	26,88aA	18,47bA	17,76bA	10,80cA
Areia Franca	28,03aA	18,27bA	14,82cB	12,05dA
CV(%)	5,79			

Médias seguidas de letras minúsculas distintas, na linha, diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste Tukey. Medias seguidas de letras maiúsculas distintas, comparando os tipos de solo, diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste F.

O solo Franco Arenoso com maior percentual de argila apresentou na frequência de irrigação de 21 dias condutividade elétrica maior, fato provavelmente associado a maior quantidade de água recebida por esse solo nessa frequência.

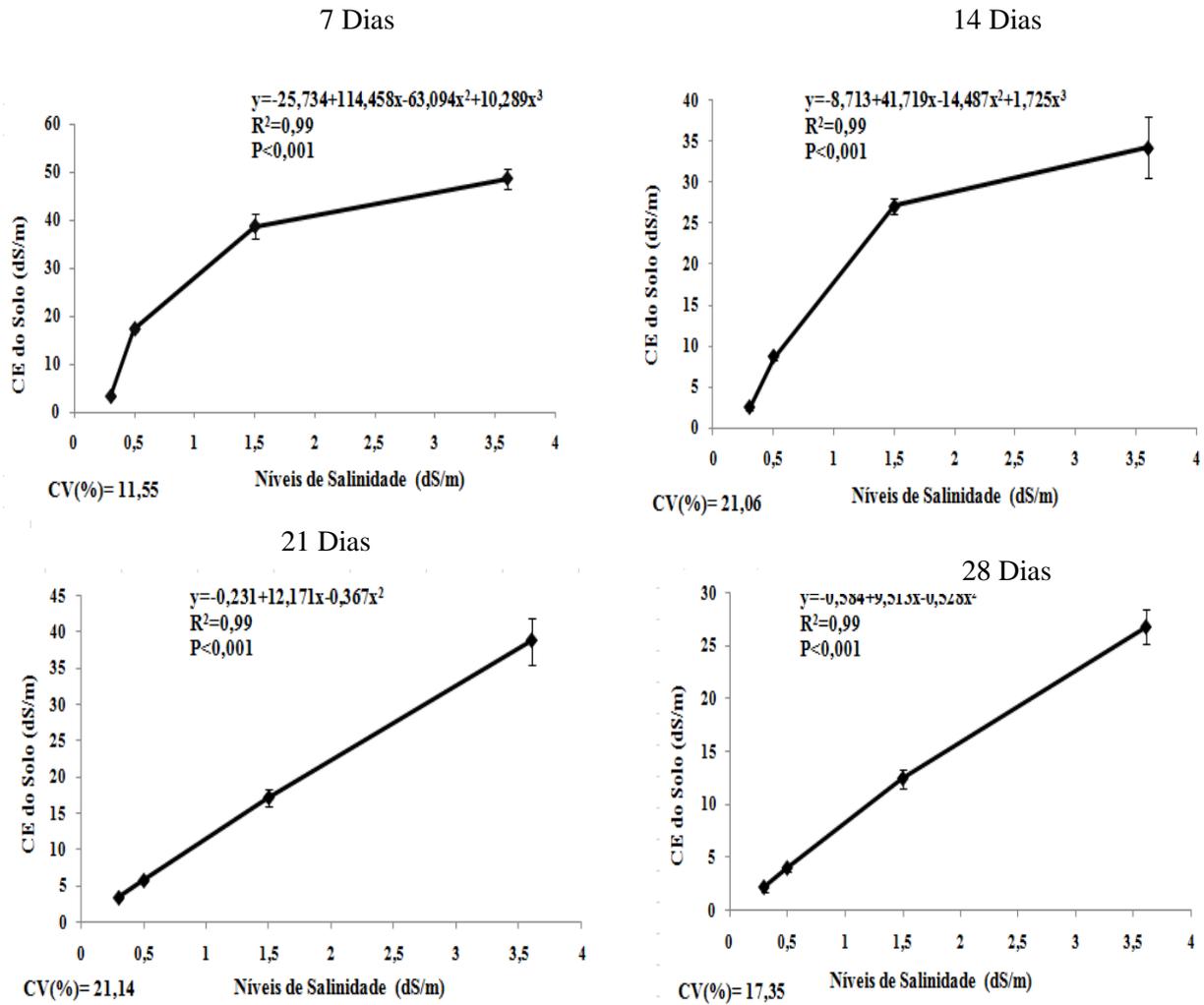


Figura 1. Condutividade elétrica do solo (dS/m) do cultivo de palma cv. Miúda, conforme as frequências de irrigação e níveis de salinidade.

Os níveis de salinidade mais altos proporcionaram maior condutividade elétrica do solo, este efeito foi mais pronunciado nas irrigações mais frequentes, ocasionado pela maior quantidade de água recebida e conseqüentemente maior depósito de íons nos solos. A frequência de irrigação de 28 dias proporcionou menores valores de condutividade elétrica do solo, resultante das menores quantidades de água recebidas pelas plantas nesse período.

Tabosa et al. (2007), trabalhando com genótipos de sorgo sob estresse salino em casa de vegetação, encontraram níveis de salinidade do extrato de saturação do solo entre 15 e 30 dS/m, valores dependentes da quantidade de sais presentes na água de irrigação e no solo. Segundo Távora et al. (2001), o excesso de sais de sódio no solo afeta as suas propriedades

físicas e químicas, reduzindo a porosidade e a permeabilidade dos mesmos. Essa presença de sais de sódio no solo provoca o aumento da condutividade elétrica, acarretando redução generalizada do crescimento das plantas cultivadas, com sérios prejuízos para a agricultura (Bethke e Drew, 1992). Segundo Hasegawa et al. (2000), dependendo da planta, pode haver decréscimo no crescimento na faixa de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo entre 5,00 e 8 dS/m.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) dos níveis de salinidade para variável largura de cladódios da planta (Figura 2). O nível 0,3 dS/m de salinidade proporcionou maior largura de cladódios, enquanto o nível de 3,6 dS/m menor largura, evidenciando que o nível alto de salinidade no solo é prejudicial ao crescimento de cladódios de palma.

Segundo Munns e Tester (2008), o limite de condutividade elétrica do solo para crescimento da maioria das plantas é de 7,0 dS/m, o que ocorreu no presente trabalho no nível de salinidade de 0,5 dS/m. Segundo Lacerda et al. (2003), o NaCl inibe a expansão foliar, consequentemente reduz a assimilação do CO_2 , além de causar efeitos tóxicos alterando as estruturas foliares.

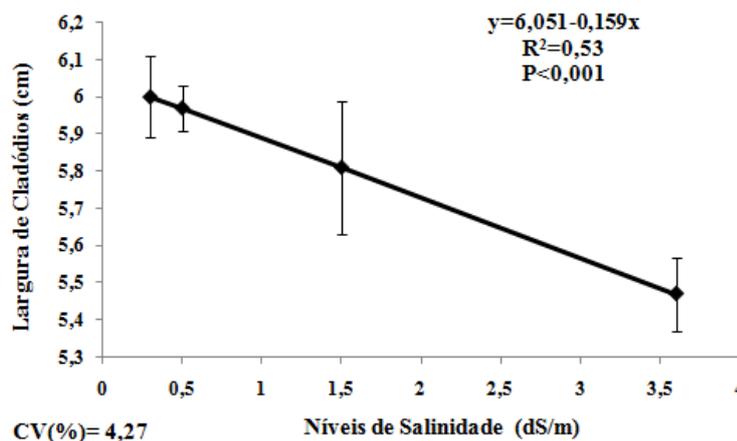


Figura 2. Largura de cladódios (cm) de palma cv. Miúda, conforme os níveis de salinidade.

Com relação à espessura dos cladódios (Figura 3), ocorreu interação tripla entre os fatores níveis de salinidade, períodos de irrigação e tipos de solo ($P < 0,05$).

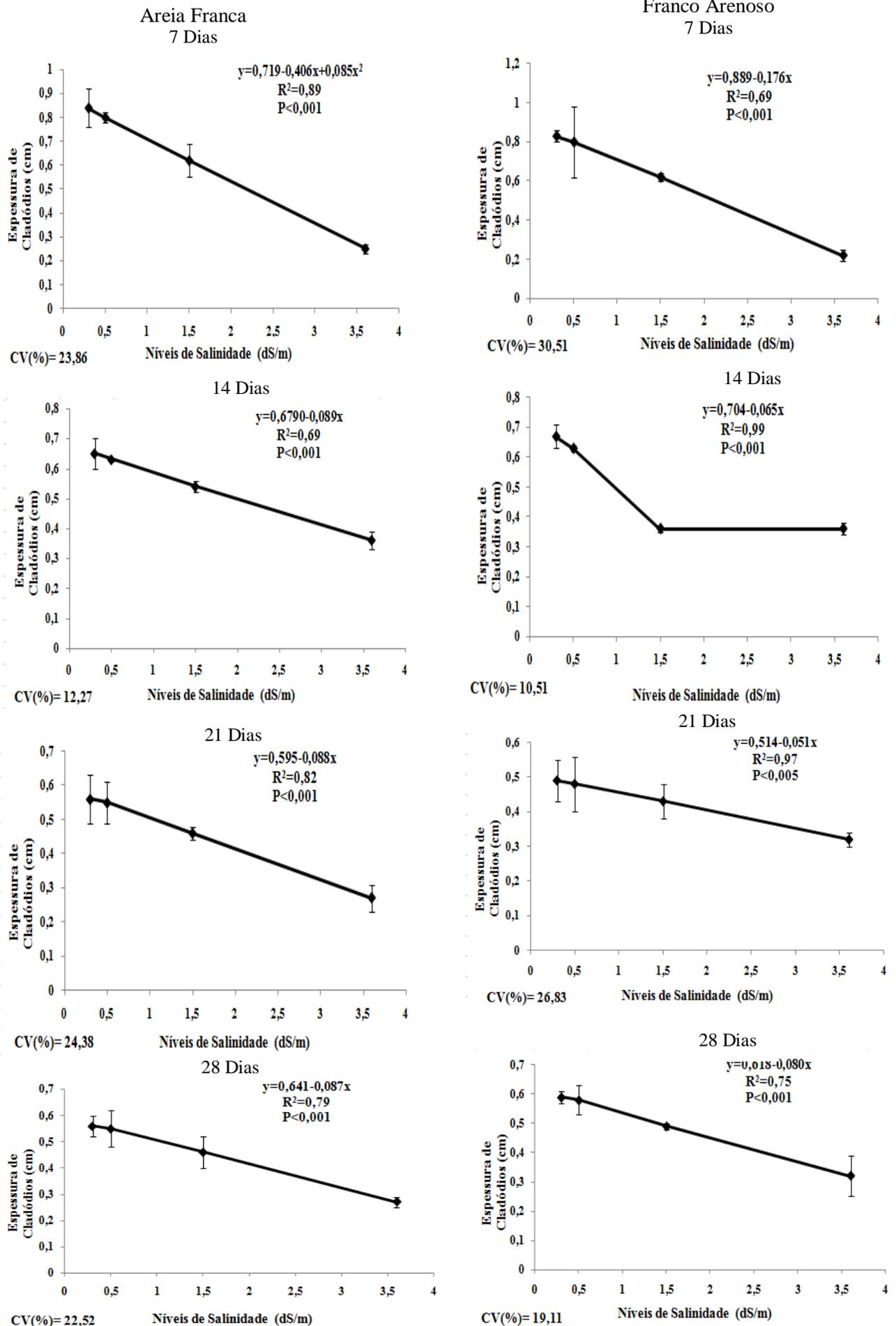


Figura 3. Espessura e comprimento de cladódios (cm) de palma cv. Miúda, conforme os intervalos de irrigação, níveis de salinidade e tipos de solo

As irrigações menos frequentes promoveram diminuição na espessura dos cladódios nos dois tipos de solos. Os níveis de salinidade mais altos proporcionaram menor espessura de cladódios, fato provavelmente ocasionado pelo estresse hídrico e pelo excesso de sais no solo e no interior das plantas, provocando desidratação nos cladódios. Teles et al. (2002) verificaram espessura de cladódios de cv. Gigante de 1,10 cm aos 9 meses de idade irrigados em casa de vegetação, considerados mais suculentos devido a presença de água.

As espessuras avaliadas nos cladódios provavelmente estiveram relacionadas com a quantidade de água presente nos cladódios, como consequências, níveis maiores de sal e frequências de irrigação menores, acarretaram em menor espessura de cladódios. Segundo Távora et al. (2001), plantas cultivadas sob estresse salino apresentam uma tendência geral de perda crescente de água, ocasionando assim a desidratação dos tecidos.

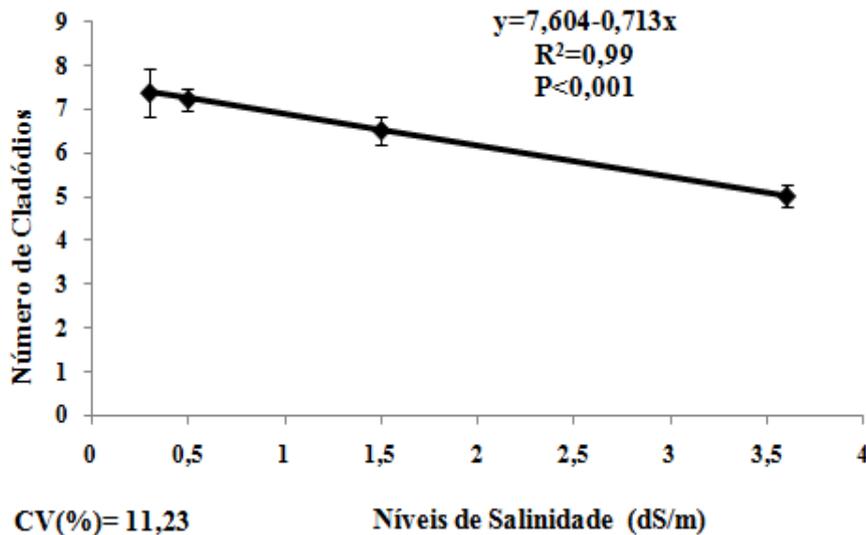
Menezes et al. (2005) relatam que em condições normais de campo os cladódios da palma são classificados como suculentos, devido a sua espessura (até 5 cm) e alto conteúdo de líquidos (contidos nas células de todos os tecidos que o constituem do mais externo a epiderme até o mais interno, o parênquima). Os mesmos autores afirmam que nas condições de seca, quando falta água os cladódios vão secando, com a maior perda de água no parênquima.

Verificou-se efeito significativo ($P < 0,05$) da interação entre as frequências de irrigação e tipos de solo para número de cladódios por planta (Tabela 7), e diferenças significativas entre os níveis de salinidade (Figura 4). Observou-se que no solo Franco Arenoso houve plantas com maior número de cladódios para a frequência de 21 dias de irrigação, com diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre as plantas cultivadas no solo Franco Arenoso e Areia Franca. O solo Areia Franca promoveu plantas com menor número de cladódios, fato provavelmente associado à menor quantidade de matéria orgânica (MO), P e K que esse tipo de solo apresentou em relação ao Franco Arenoso (Tabela 2).

Tabela 7. Número de cladódios de palma cv. Miúda, conforme as frequências de irrigação e tipos de solo.

Solos	Frequências de Irrigação (Dias)			
	7	14	21	28
Franco Arenoso	7,36bA	8,59abA	9,47aA	7,25bA
Areia Franca	5,93aA	5,18aB	4,56aB	4,50bB
CV (%)	7,99			

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha, diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Médias seguidas de letras maiúsculas distintas, comparando os tipos de solo, diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste F.

**Figura 4.** Número de cladódios de palma cv. Miúda, conforme os níveis de salinidade.

O nível de salinidade da água de irrigação de 3,6 dS/m proporcionou menor número de cladódios nas plantas, em relação aos outros níveis de salinidade, devido provavelmente a maior quantidade de sal presente nessas plantas. Gersani et al. (1993), trabalhando com *Opuntia ficus indica* tratadas com água salina em casa de vegetação, verificaram que ocorreram inibição do desenvolvimento da planta a medida que a salinidade no substrato aumentava. Amorim et al. (2002) relatam que o aumento da salinidade diminui o potencial osmótico da solução do solo, dificultando a absorção de água pelas raízes, aliado ao fato de acúmulo de íons de NaCl nas folhas, afetando os processos fisiológicos da planta, impedindo assim a brotação.

Observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) da interação entre níveis de salinidade e ordem de cladódios, para a variável danos de planta (Figura 5).

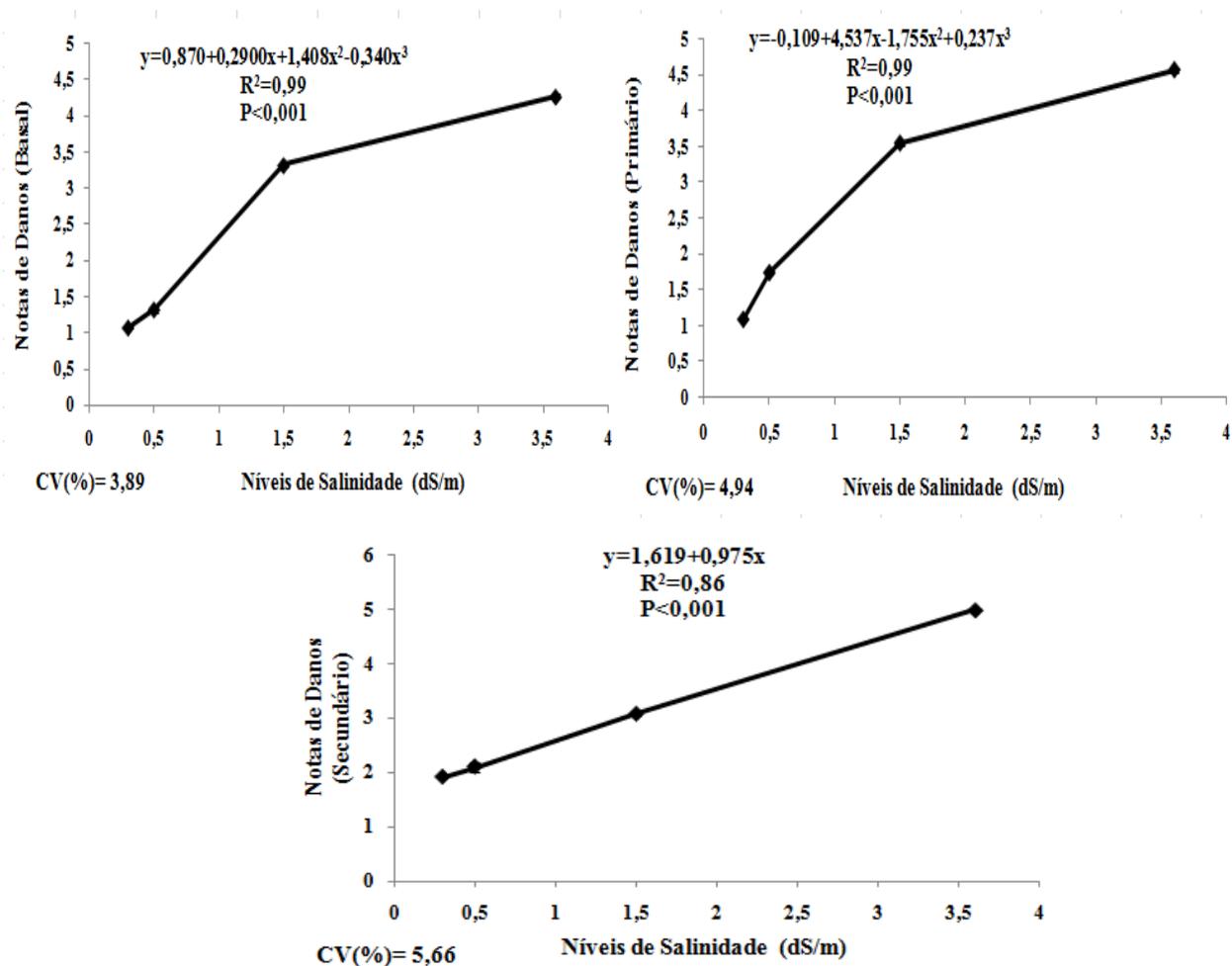


Figura 5. Notas de danos de palma cv. Miúda, conforme os níveis de salinidade e ordem de cladódios.

Para todas as ordens de cladódios (basal, primário, secundário), os maiores danos ocorreram no nível de salinidade de 1,5 e 3,6 dS/m. Os cladódios secundários apresentaram maiores notas de danos, indicando assim que os sintomas de clorose e desidratação ocorreram primeiramente nos cladódios mais jovens até chegar ao cladódio basal.

O dano maior para os níveis de salinidade de 1,5 e 3,6 dS/m sugerem que os íons absorvidos e transportados para a parte aérea possivelmente excederam o limite necessário ao ajustamento osmótico da planta, e desta forma acarretaram efeitos danosos aos cladódios (Flower e Yeo, 1986). Lacerda et al. (2003) relatam que plantas cultivadas sob stress salino

tem o crescimento inibido, por ser o NaCl causador de danos tóxicos, ocorrendo desidratação dos tecidos e crescente perda de água. Além da desidratação ocorre clorose e necrose foliar, sendo esses danos causados principalmente devido a diminuição no teor de clorofila.

Gersani et al. (1993) verificaram que nas raízes de *Opuntia ficus indica* que receberam solução salina na concentração de 100mol/m^3 , ocorreu acúmulo de NaCl, ocasionando intoxicação e evitando assim que chegasse nutrientes para a parte aérea, ocorrendo danos em toda a planta. O NaCl afeta também a síntese e a translocação para a parte aérea da planta de hormônios sintetizados pelas raízes indispensáveis para o metabolismo e manutenção foliar, resultando em danos crescentes até causar morte da planta (Maschnner, 1995).

Verificou-se efeito significativo ($P<0,05$) da interação entre as frequências de irrigação e tipos de solo (Tabela 8), bem como interação entre os níveis de salinidade e frequências de irrigação para a produção de MS por planta (Figura 6).

A irrigação menos frequente diminuiu a produtividade da planta nos dois tipos de solo. No solo Franco Arenoso foi observado plantas com maior produtividade, sendo provavelmente devido a presença de maior quantidade de P, K e matéria orgânica (MO) presente nesse solo (Tabela 2).

Tabela 8. Produção de matéria seca (g/planta) da palma cv. Miúda, conforme as frequências de irrigação e tipos de solo.

Solos	Frequência de Irrigação (Dias)			
	7	14	21	28
Franco Arenoso	62,1aA	52,3bA	56,2bA	47,1cA
Areia Franca	52,4aB	50,3aA	43,8bB	34,3cB
CV(%)	12,35			

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na linha diferem estatisticamente ($P<0,05$) pelo teste de Tukey. Médias seguidas de letras distintas maiúsculas comparando os tipos de solo diferem estatisticamente ($P<0,05$) pelo teste F.

O nível de salinidade da água de irrigação mais baixo (0,3 dS/m) e frequência de irrigação de 7 dias favoreceram a maior produção de MS, enquanto que nos níveis de salinidade de 0,5; 1,5 e 3,6 dS/m prejudicaram a produção da palma Miúda (Figura 6).

Segundo Sampaio (2005), o crescimento da palma forrageira é limitado em função da deficiência hídrica, pois a palma é mais usada em regiões secas. Na maior parte do ano em condições de déficit hídrico as plantas perdem água, resultando em menor desenvolvimento. Dubeux Jr. et al. (2010), trabalhando com clones IPA-20 adubado e irrigado em casa de vegetação, verificaram maiores produções de até 100 g/vaso, quando utilizaram 200 e 800 kg/ha de adubação fosfatada e potássica.

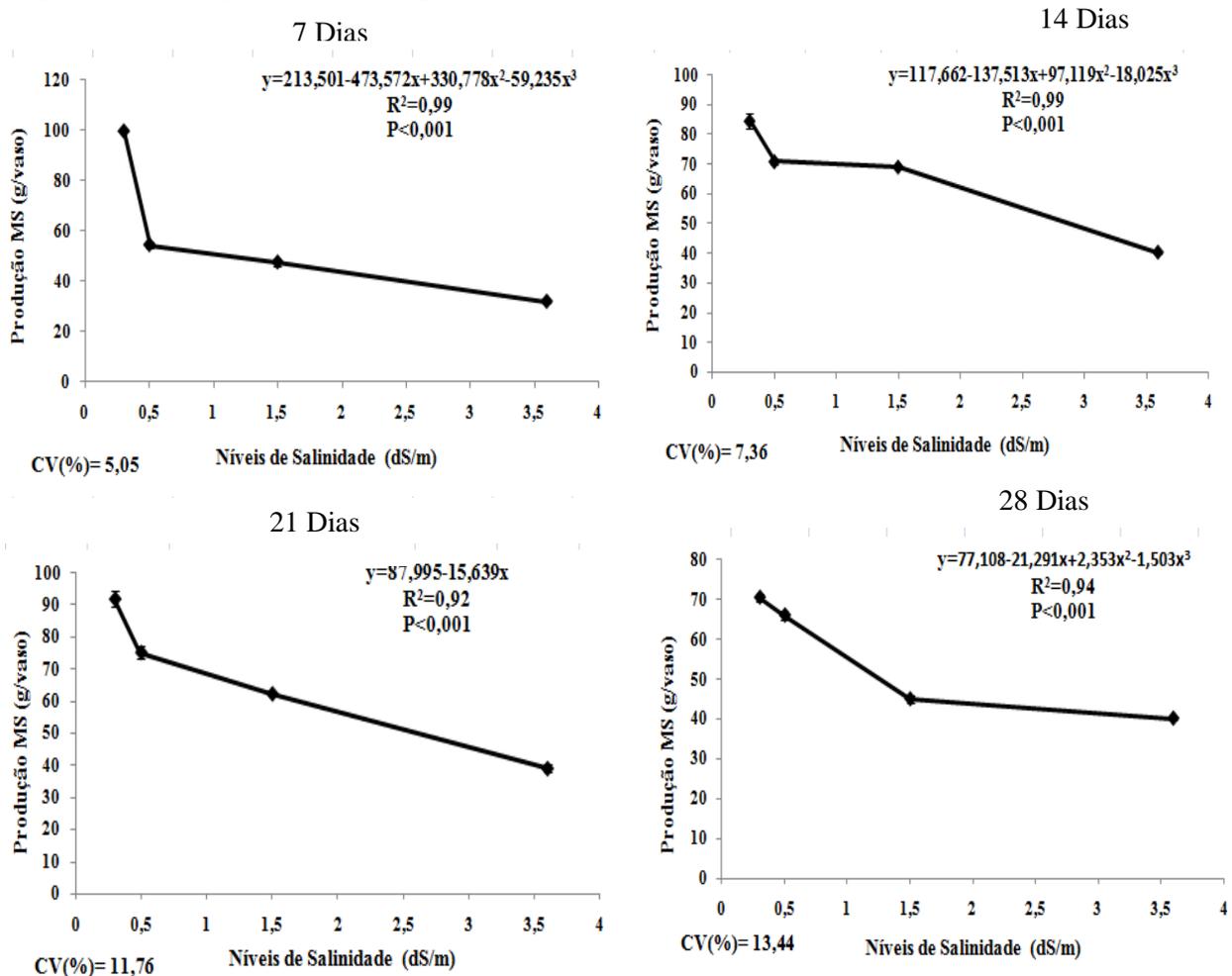


Figura 6. Produção de matéria seca (g/planta) da palma cv. Miúda, conforme os níveis de salinidade e a frequência de irrigação.

Para os teores de MS da palma cv. Miúda observou-se interação significativa ($P<0,05$) entre as frequências de irrigação e níveis de salinidade (Figura 7). O nível de salinidade de 3,6 dS/m, para todas as frequências de irrigação, promoveu plantas com maior percentual de MS, em relação ao nível 0,3 dS/m de salinidade. Esse fato é devido provavelmente à desidratação

que ocorreram nas palmas no nível de salinidade mais alto, aumentando assim o percentual de MS.

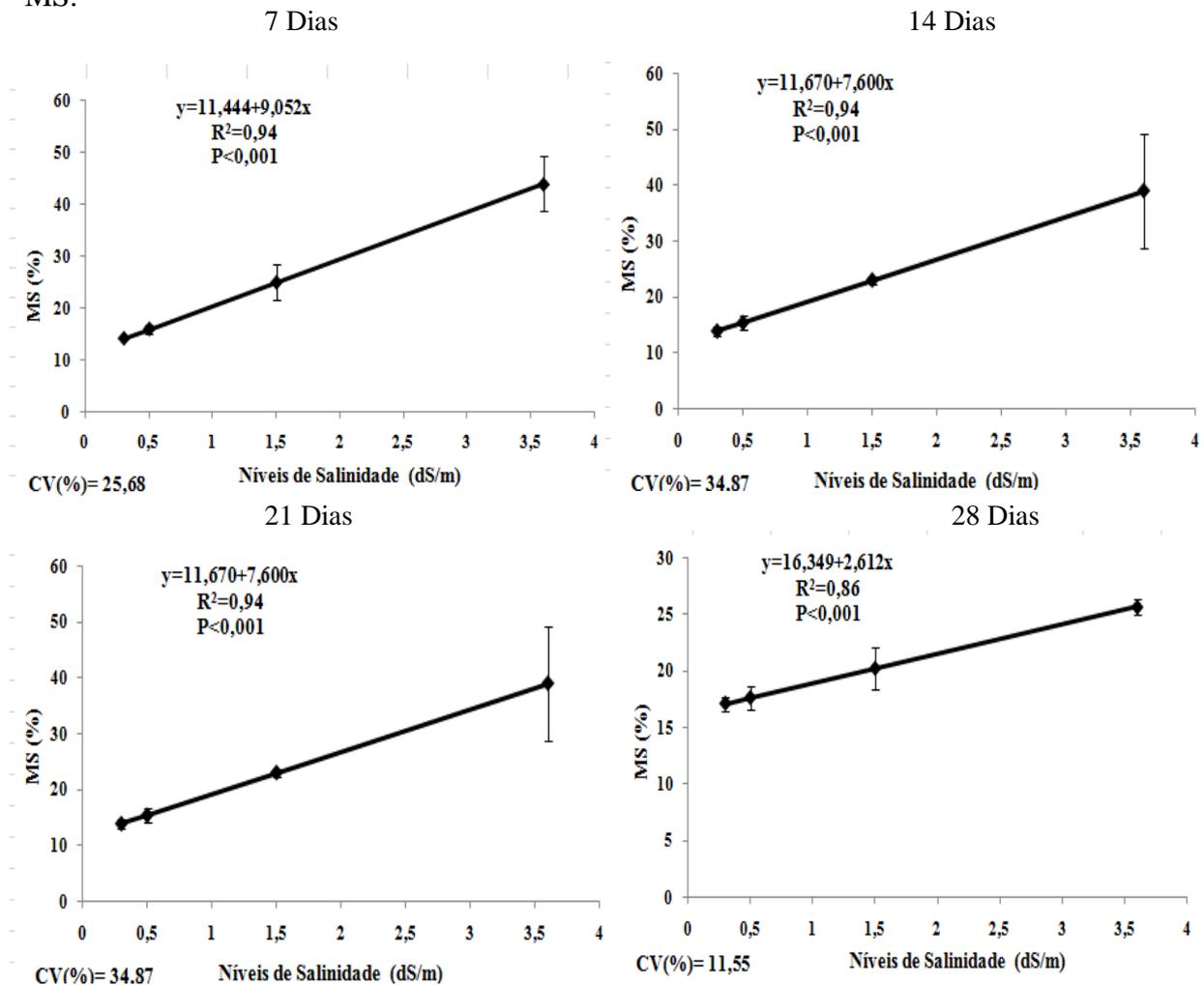


Figura 7. Teor de matéria seca (%) da palma cv. Miúda, conforme as frequências de irrigação e níveis de salinidade.

O estresse hídrico, representado pelo maior intervalo de irrigação, proporcionou nas plantas testemunhas uma diminuição na suculência da palma, concomitante ao aumento no teor de MS. Kelly e Schuch (2008) verificaram nas cactáceas *Echinocactus grusonii* e *Carnegiea gigantea* diminuição do teor de umidade em plantas que receberam solução salina de 5 dS/m, conseqüentemente ocorreu maior percentual de MS presente nessas espécies.

Teles et al. (2004), trabalhando com *Opuntia ficus-indica* em casa de vegetação, encontraram valor médio de MS para de 7,29%, sendo considerado baixo por esses autores e associados a frequência de irrigações semanal utilizada, o que provavelmente contribuiu para

os baixos teores de MS, fato também verificado por Dubeux Jr. et al. (2010), que encontraram teor de MS para o clone IPA-20 de até 6,9%. Segundo Távora et al. (2001), o teor de água em plantas apresenta uma tendência geral de redução com níveis crescentes de salinidade e com o prolongamento de stress hídrico.

Observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) dos fatores níveis de sal e frequências de irrigação para o teor de MM das plantas (Figura 8).

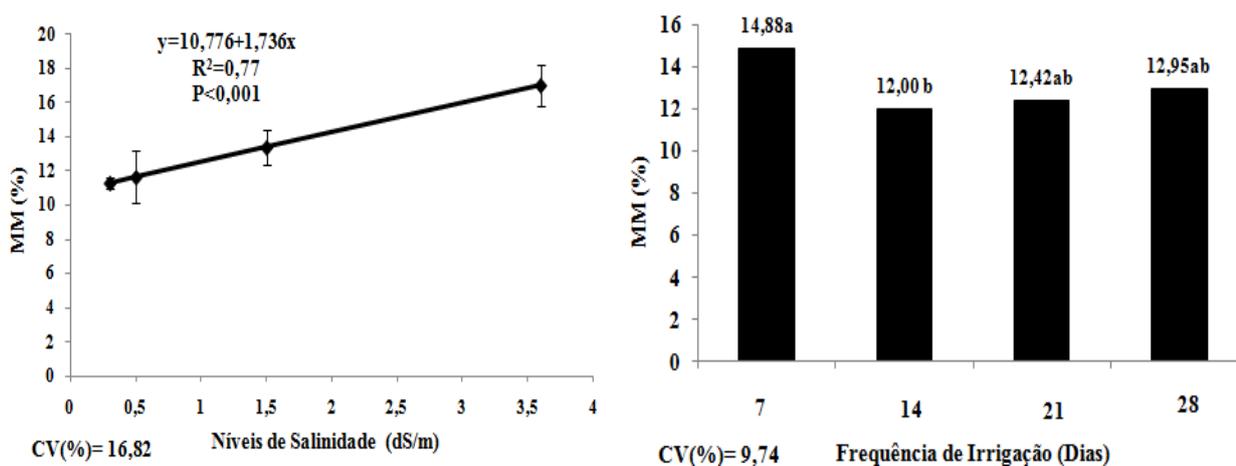


Figura 8. Teor de matéria mineral (%) de palma cv. Miúda conforme as frequências de irrigação e níveis de salinidade. Médias seguidas de letras minúsculas distintas, diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

A salinidade da água de irrigação de 3,6 dS/m promoveu maior teor de MM na palma, e os menores teores foram observados para os níveis de 0,3 e 0,5 dS/m. Para as frequências de irrigação, o maior teor apresentado foi o de 7 dias, indicando que houve maior acúmulo de íons, por ter as plantas recebido maior quantidade de água (Tabela 5), consequentemente maior acúmulo de íons. Teles et al. (2004) encontraram teores de minerais em palma forrageira cultivadas em casa de vegetação de 7,37 %, sendo considerados altos, devido ao fato da elevada extração de minerais provocada pelas plantas.

Foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) da interação entre as frequências de irrigação, níveis de salinidade e tipos de solo, para o teor de PB da palma (Figura 9).

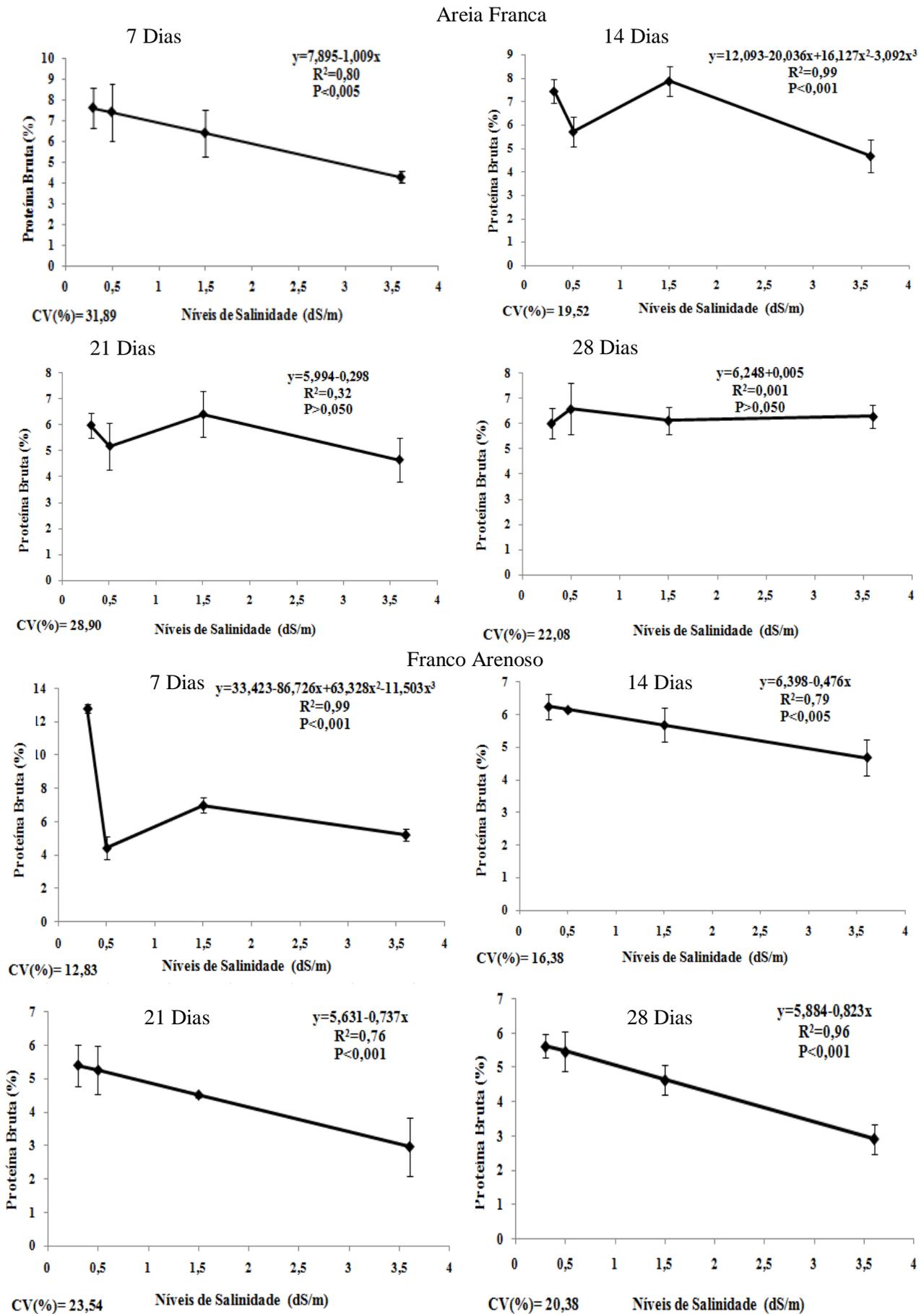


Figura 9. Teor de proteína bruta (%) da palma cv. Miúda, conforme os níveis de salinidade, frequência de irrigação e tipos de solo.

O nível de salinidade de 3,6 dS/m proporcionou menores teores de PB da palma, assim como, o solo Areia Franca com frequência de irrigação de 28 dias. Os resultados, em geral, foram inferiores aos encontrados por Teles et al. (2004), com 7,41% de PB, quando avaliaram os efeitos da adubação em palma forrageira em casa de vegetação aos nove meses de cultivo. O maior valor de PB encontrado no presente trabalho foi no nível de salinidade 0,3 com frequência de irrigação de sete dias, devido a ausência de salinidade na água de irrigação.

Segundo Fernandes et al. (2002), vários autores encontraram aumento, redução ou nenhum efeito do teor de PB de plantas submetidas a estresse salino, relatando que o efeito depende do nível de salinidade, do período em que a planta é submetida ao estresse salino, e do período de tolerância das plantas ao mesmo.

Ocorreu diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tipos de solo, para o teor de P (Figura 10) da palma cv. Miúda. O solo Franco Arenoso proporcionou maior teor de P na parte aérea, fato provavelmente devido ao maior percentual de MO presente nesse solo e pH próximo a neutralidade, tornando mais disponível esse elemento para as plantas (Tabela 2).

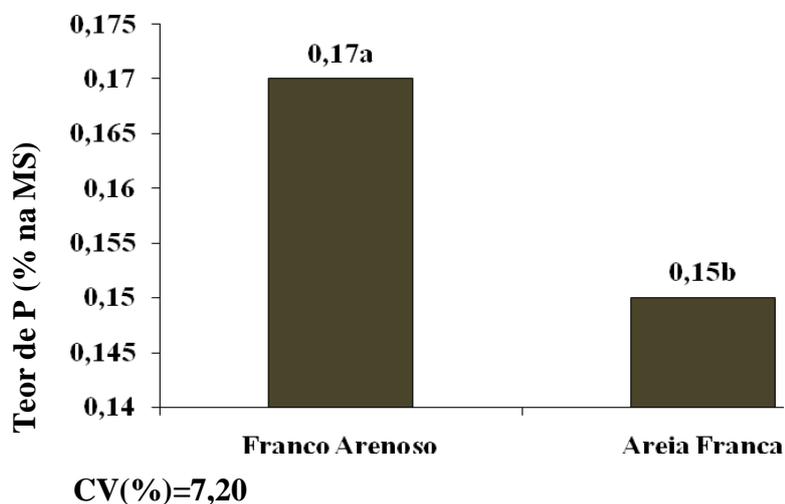


Figura 10. Teor de fósforo (P) (% na MS), para as plantas de palma cv. Miúda, conforme os tipos de solo. Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste F.

Os níveis de salinidade não afetaram os teores do elemento no presente experimento. Os teores de P foram semelhantes à média encontrada por Teles et al. (2004) que foi de 0,17% na matéria seca, com aplicação de água sem nutrientes. Segundo Curtin et al. (1993), o aumento do NaCl no solo pode ocasionar desequilíbrio nutricional induzido por elevados teores de cloro nos tecidos das plantas, inibindo a absorção de P.

Houve diferença significativa entre os níveis de salinidade para o teor de K (Figura 11). Os níveis de K diminuíram na parte aérea da palma à medida que os níveis de salinidade aumentaram. O nível de salinidade de 3,6 dS/m proporcionou menor teor de K com média de 0,70% na MS.

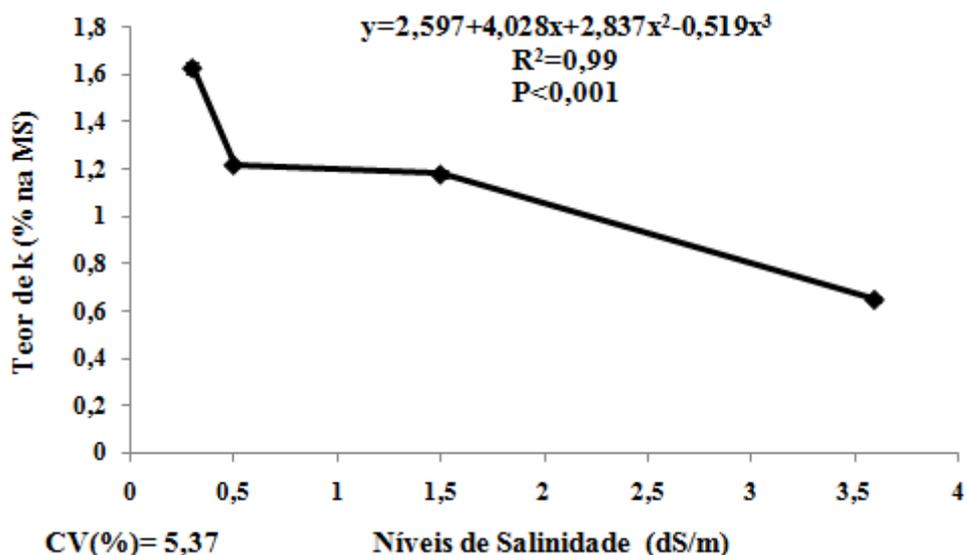


Figura 11. Teor de potássio (K) (% na MS), para as plantas de palma cv. Miúda, conforme os níveis de salinidade. Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Segundo Munns e Tester (2008), com o aumento da concentração de Na no solo ocasiona a diminuição do teor de K, pois o aumento do teor de sódio inibe a absorção do K devido a relação competitiva entre esses dois íons e ao desequilíbrio iônico na planta.

O aumento do nível de salinidade da água de irrigação proporcionou aumento significativo nos teores de Na na palma Miúda, ocorrendo interação significativa entre frequência de irrigação e níveis de salinidade (Figura 12).

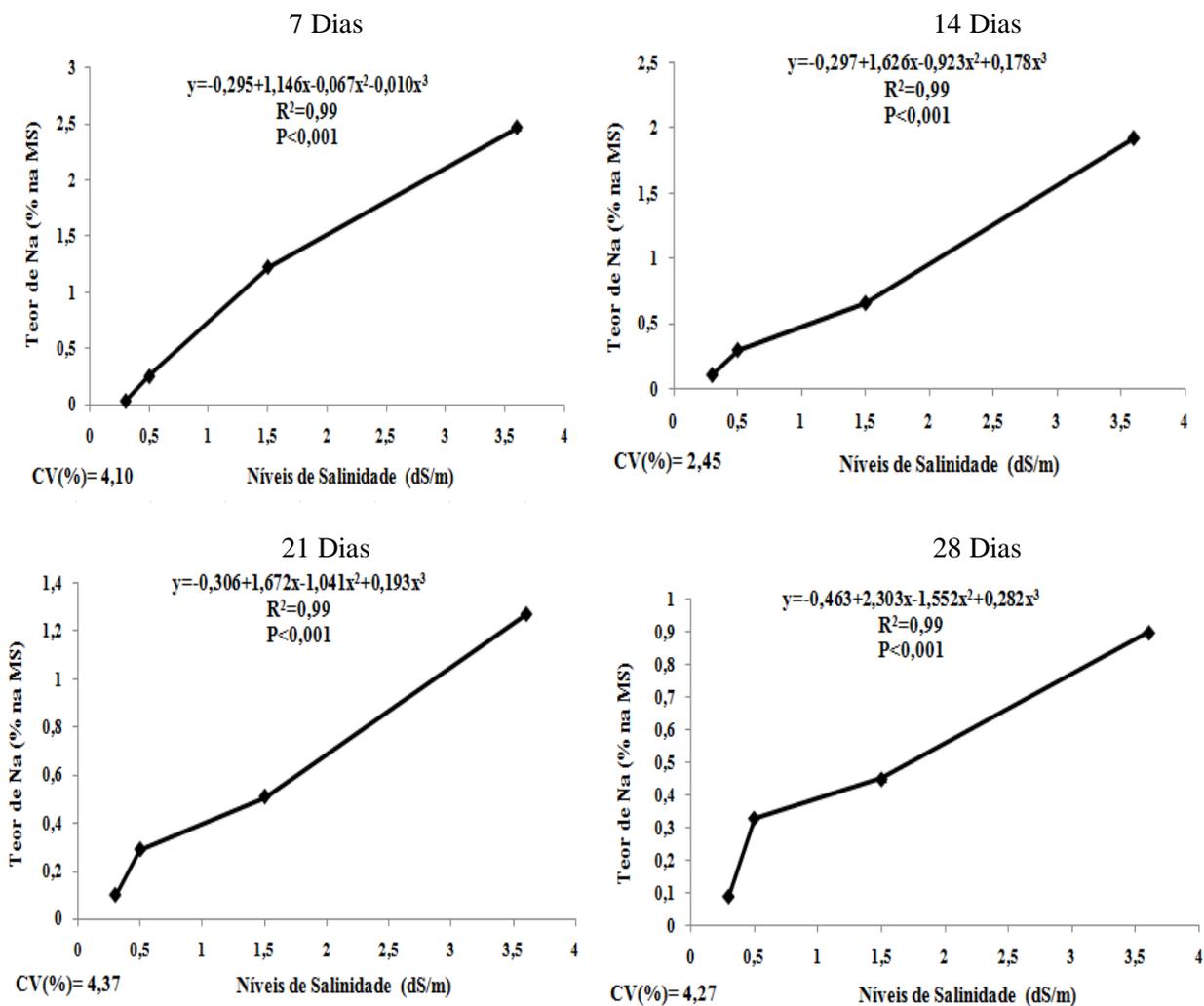


Figura 12. Teor de sódio (% na MS) da palma cv. Miúda, conforme o nível de salinidade e frequência de irrigação.

O nível de salinidade 0,3 com frequência de irrigação de 7 dias proporcionou menor teor de Na. O aumento do nível de salinidade proporcionou acúmulo de Na, havendo, portanto diminuição da produtividade em níveis maiores de Na (Figura 6).

O nível de salinidade de 3,6 dS/m, proporcionou maior teor de Na na parte área para todos as frequências de irrigação, com maior teor de Na na frequência de 7 dias de irrigação, ocorrendo portanto maior acúmulo desse íon na parte aérea da palma.

Kelly e Schuch (2008) verificaram que o teor de Na em duas espécies de cactáceas aumentou de 0,5 a 3,5% a medida que a condutividade elétrica da água de irrigação passou de 0,6 a 15 dS/m, em cinco meses de avaliação.

Segundo Sampaio (2005), a palma não cresce bem em solos sódicos ou salinos, e as raquetes de palma em geral apresentam baixo conteúdo de Na, quando cultivada em condições favoráveis ao seu crescimento. Esses resultados sugerem que não houve mecanismos de exclusão de íons (sódio), resultando em acúmulo na parte aérea e provocando assim danos como clorose e desidratação.

Conclusões

O solo Franco Arenoso resulta em plantas com maior número de cladódios, maior produtividade e maior teor de fósforo na planta.

Níveis de salinidade mais altos proporcionam desidratação dos cladódios de palma cv Miúda, aumentando o teor de matéria seca e matéria mineral.

O nível de salinidade de 3,6 dS/m, frequência de irrigação de 7 dias proporcionam condutividade elétrica do solo maior e plantas de palma com maior percentual de danos e menor produtividade, indicando assim sensibilidade da planta ao estresse salino.

Referências

ASSISTAT – Assistência estatística. Versão 7.6 beta, 2012.

AMORIM, J. R. DE A.; FERNANDES, P. D.; GHEY, H. R.; AZEVEDO, N. C. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 37, n. 2, p. 167-176. 2002.

AOAC, Association of official analytical chemists. Washington. **Official Methods of Analysis**, 13. Washington, c. 1018, 1980.

BETHKE, E. P.; DREW, C. M. Stomatal and nonstomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annum* during progressive exposure to NaCl salinity. **Plant Physiology**, v. 99, p. 219-226. 1992.

CURTIN, D.; STEPPUHN, H.; SELLES, F. Plant responses to sulfate and chloride salinity: growth and ionic relations. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 57, n. 5, p. 1304-1310, 1993.

DUBEUX JR. J. C. B.; ARAUJO FILHO, J. T. de; SANTOS, M. V. F. dos.; LIRA, M. de A.; SANTOS, D. C. dos.; PESSOA, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. V. 5, n. 1, p. 129-135, 2010.

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.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURI, N. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n.11, p. 1613-1619, 2002.

FLOWER, T. J.; YEO, A. R. Ion relations of plants under drought and salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**. v. 113, p. 75-79, 1986.

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.

GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T. JR., ASSIS, R. N., ROMERO, R. E., Agricultura e sustentabilidade e o semi árido. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 329-345.2000.

GERSANI, M.; GRAHAM, E. A.; NOBEL, P. S. Growth responses of individual roots of *Opuntia ficus indica* to salinity. **Plant Cell Environment**. v. 16, p. 827-834. 1993.

HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, n. 1, p. 463-499, 2000.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soils. **Agricultural Experimental Station**, p. 347, 1950.

KELLY, U. K. S.; SCHUCH, J. J. Salinity tolerance of cacti and succulents. **Turfgrass, Landscape and urban IPM Research Summary**, p. 61-66. 2008.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, H. A. R.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two Sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**,v. 30, n. 49, p. 107-120. 2003.

MAATHUIS, F. J. M. The role of monovalent cation transporters in plant responses to salinity. **Journal of experimental Botany**, v, 57, Salnity Special Issue, p. 1137-1147, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2 ed. New York: Academy, p. 1-889. 1995.

MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil – conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFRPE, 2005. V. único, p. 44. 2005.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell Environ.** v. 25; p. 239-250. 2002

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual review of Plant Biology**, Elsevier Sc, v. 59, n. 4, p. 651-681, 2008.

NUNES FILHO, J.; SOUZA, A. R.; SÁ, V. A. de L. E.; LIMA, B. P. Relações entre a concentração de íons e a salinidade de águas subterrâneas e superficiais, visando a irrigação, no sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 189-193, 2000.

PONNAMPERUMA, F. N. **Screening Rice for tolerance to mineral stresses**. Los Banos.: IRRI, 1977, p. 21.

RICHARDS, L. A. **Diagnóstico y rehabilitacion de suelos salinos e sódicos**. México: editorial Limusa, p, 172. 1980.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fisiologia da palma. 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. 43-55. 2005.

SANTOS, M. V. F. dos.; LIRA, M. A.; DUBEUX JR. J. C. B.; FERREIRA, M. A.; CUNHA, M. V. da. Palma forrageira, In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas Forrageiras**, Viçosa: UFV, p. 204-215, 2010.

SAS INST.INC.SAS statistics user's guide.Release version 6. **SAS Ins. Inc., Cary, NC**. 1999.

TABOSA, J. N.; COLAÇO, W.; REIS, O. V.; SIMPLÍCIO, J. B.; DIAS, F. M. Sorghum genotypes evaluation under salinity levels and gamma ray doses. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 3, p. 339-350.2007.

TÁVORA, F. J. A. F.; FERREIRA, R. G.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 441-446. 2001.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JUNIOR, J. C.B.; LIRA, M. de A.; FERREIRA, R. L. C.; BEZERRA NETO, E.; FARIAS, I. Efeito da adubação e do uso de nematicida na composição química da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1992-1998, 2004 (Supl. 2)

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F. dos.; DUBEUX JR. J. C. B.; BEZERRA NETO, E.; FERREIRA, R. L. C.; CAVALCANTI, J. E.; LIRA, M. de A. Efeitos da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.1, p.52-60, 2002.

Capítulo 3

Avaliação de clones de palma forrageira submetidos a estresse salino

Avaliação de clones de palma forrageira submetidos a estresse salino

Resumo - A palma forrageira é uma importante fonte de alimentação para os herbívoros, sendo sua produção afetada pela salinidade do solo. Este trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento de clones de palma forrageira submetidos a estresse salino. O experimento foi conduzido em telado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, no período de outubro de 2010 a maio de 2012. Foi plantado um cladódio por vaso de polietileno contendo em cada vaso 12 kg de solo com textura arenosa, coletado em São Bento do Una, região semiárida de Pernambuco. Foram utilizados 20 genótipos de palma forrageira provenientes do Banco Ativo de Germoplasma – BAG, oriundos do Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA da Estação Experimental de Arcoverde, com variabilidade quanto a resistência a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell). Foi aplicada água com salinidade de 3,6 dS/m em intervalos de 14 dias, sendo interrompido o fornecimento da água assim que iniciava a drenagem. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com seis repetições, totalizando 120 parcelas, sendo o peso inicial dos cladódios o critério de blocagem. Os clones foram colhidos quando apresentavam nota 5, representando 100% de danos (clorose e desidratação) para toda a planta. O comprimento, diâmetro e área de superfície do sistema radicular foi avaliado utilizando-se o sistema Winrhizo Pro 2009ab. O clone Liso Forrageiro foi colhido aos 419 dias após o plantio, indicando assim sua maior tolerância à salinidade. As maiores produtividades foram alcançadas com os clones Orelha de elefante Mexicana e Africana com 51,5 e 50,8 g/planta, respectivamente. Os menores comprimentos de raízes foram verificados nos clones Chile Frut e Copena-V1 com 2,97 e 3,00cm respectivamente, apresentando menor tolerância ao estresse salino. Os clones apresentaram variabilidade a condição de salinidade, o clone com menor tolerância foi o F-8 e o de maior tolerância, o Liso Forrageiro.

Termos para Indexação: palma forrageira, produtividade, salinidade

Trabalho elaborado pelas normas da Revista PAB – Pesquisa Agropecuária Brasileira

Evaluation of cactus pear clones subjected to salt stress

Abstract - The cactus pear is an important source of feeding for herbivores, though its production is affected by soil salinity. This study aimed to evaluate the development of cactus pear clones subjected to salt stress. The experiment was carried out in a greenhouse at the Department of Animal Science at the Federal Rural University of Pernambuco – UFRPE (Brazil) , from October 2010 to May 2012. It planted was one cladode per pot of polyethylene containing 12 kg of sandy soil, collected in São Bento do Una, semiarid region of Pernambuco. It was used 20 genotypes of cactus pear from the Active Germplasm Bank - BAG, from the Experiment Station of Arcoverde of the Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, with variability in the resistance to the carmine cochineal (*Dactylopius opuntiae* Cockerell). Water with salinity of 3.6 dS m⁻¹ was applied at 14 day intervals, and water supply was stopped so that the water draining started. The experimental design was a randomized block with six replications, totaling 120 plots, and the cladode initial weight was the blocking criteria. The clones were harvested when presented note 5, presenting 100% of damage (chlorosis and dehydration) on the whole plant. The length, diameter and surface area of the root system was evaluated using the system WinRhizo Pro 2009ab. The clone Liso Forrageiro was harvested at 419 days after planting, indicating its greater tolerance to salinity. The highest yields were achieved by the clones Orelha de Elefante Mexicana e Africana respectively with 51,5 and 51,5 g plant⁻¹. The smaller root lengths were observed in the clones Chile Frut and Copena-V1 with 2.97 and 3.00 cm respectively, presenting less tolerance to salt stress. The clones showed variability condition to salinity, the clone with lower was F-8 and greater Liso Forrageiro.

Index Terms: cactus pear, productivity, salinity

Introdução

A palma forrageira tem sido cultivada nas áreas áridas e semiáridas em vários países e no Nordeste do Brasil, tendo importante função na alimentação animal nas fases em que a oferta de forragem é escassa (Nerd et al., 1989). As espécies de palma (*Opuntia* spp e *Nopalea* spp.) tem alta capacidade de se adaptar a uma variedade de condições climáticas, mas pouco se têm estudado sobre a sua resistência as condições salinas dos solos, condição que a maioria das áreas áridas e semiáridas apresentam (Nobel, 1998).

Nas zonas áridas e semiáridas, águas salinas são frequentemente utilizadas na agricultura, em virtude de água potável ser escassa, principalmente na época seca, mas essa aplicação é também um fator de salinização de solos, tornando-se um ciclo (Katerji et al., 2003). A salinização das áreas de produção agrícola resulta em substituição de culturas mais sensíveis por outras tolerantes, com o objetivo de obter produções economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis (Oliveira et al., 2005).

As plantas podem ser classificadas como halófitas, aquelas que se desenvolvem naturalmente em ambientes com elevadas concentrações salinas (tipicamente Na^+ e Cl^-) e, glicófitas, as que não são capazes de se desenvolver em ambientes com elevadas concentrações salinas (Parida e Das, 2005). Os efeitos da salinidade sobre as plantas glicófitas são o estresse osmótico que é o excesso de sais nas raízes e estresse iônico que se caracteriza pelo excesso de sais no interior da planta, ambos ocorrem isolados ou simultaneamente (Munns e Tester, 2008). De acordo com Nobel (1998), as *Opuntia* são espécies relativamente tolerantes ao estresse hídrico, mas são sensíveis a salinidade.

No Nordeste, e particularmente em Pernambuco, são estudados clones de palma forrageira para aquisição de materiais resistentes a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), praga que tem acometido grandes áreas de palma. Vasconcelos et al.

(2009) avaliaram a incidência de cochonilha do carmim em vinte clones de palma e concluíram que os cultivares Miúda e Orelha de Elefante Mexicana apresentaram resistência e a Redonda e Clone IPA 20- foram susceptíveis.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o desenvolvimento de vinte clones de palma forrageira com diferentes níveis de resistência à cochonilha do carmim submetidos à estresse salino.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em telado no Departamento de Zootecnia– UFRPE, com temperatura máxima de 45 °C e mínima de 30 °C e umidade relativa do ar máxima de 85% e mínima de 75%, o qual foi instalado em 25 de outubro de 2010, com término em 30 de maio de 2012.

O material de plantio foi cladódios maduros, retirados da porção intermediária da planta, pesando entre 175 e 1.950 g de peso fresco. Foi plantado um cladódio por vaso de polietileno contendo em cada vaso 12 kg de solo com textura arenosa coletado em São Bento do Una, região semiárida de Pernambuco.

Foram utilizados 20 genótipos de palma forrageira (Tabela 1) provenientes do BAG oriundos do IPA da Estação Experimental de Arcoverde, com variabilidade quanto a resistência à cochonilha de carmim

Tabela 1. Clones de palma avaliados no experimento.

Espécie	Nome da Palma	Resistência a cochonilha do carmim
<i>Nopalea cochenillifera</i>	F-21	Alta *
<i>Nopalea cochenillifera</i>	Miúda	Alta *
<i>Nopalea cochenillifera</i>	Ipa Sertânia	Alta *
<i>Nopalea cochenillifera</i>	Orelha de onça	Alta *
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Copena – F1	Baixa **
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Copena – V1	Baixa **
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Gigante	Baixa ***
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Ipa clone 20	Baixa ***
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Redonda	Baixa ***
<i>Opuntia ficus-indica</i>	IPA 90-156	Baixa ***
<i>Opuntia ficus-indica</i>	IPA 90-111	Baixa ***
<i>Opuntia undulata</i> Griffiths	O. E. Africana	Alta ***
<i>Opuntia stricta</i> (Haw)	O. E. Mexicana	Alta *
<i>Opuntia</i> spp	Algerian	Baixa *
<i>Opuntia</i> spp	Liso forrageiro	Baixa *
<i>Opuntia</i> spp	Chile frut/1317	Baixa *
<i>Opuntia larrevi</i> FAC weber	V-16	Alta *
<i>Opuntia larrevi</i> FAC Weber	F-13	Alta *
<i>Opuntia atropes rose</i>	F-24	Baixa *
<i>Opuntia atropes rose</i>	F -8	Baixa *

*Comunicação Pessoal, Santos, D. C. dos, 2012; **Comunicação Pessoal Lira, M de A., 2012; ***Vasconcelos et al. (2009).

A análise química da amostra do solo utilizado no experimento foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química da amostra do solo utilizado no experimento.

pH	*P	*Na ⁺	*K ⁺	**Ca ⁺	**Mg ²⁺	**Al ³⁺	PST	M.O.
	(MG/dm ³)	------(cmolc/dm ³)-----					%	
5,80	41	0,03	0,17	0,95	0,75	0,10	0,49	8,52

* Extrator Mehlich, método de análise química utilizado pela Embrapa solos;

** KCl 1 mol L⁻¹; *** acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0; pH=em água relação 1/25.

A análise física foi realizada no Laboratório de Física do Solo da UFRPE, onde fica evidenciado que o solo era de textura arenosa (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização física da amostra do solo utilizado no experimento.

Composição granulométrica*			Relação Silte/Argila
Areia	Silte	Argila	
-----%			
88,0	2,14	9,86	0,21

*Determinada pelo método do hidrômetro (erro= ± 5 %).

Após 35 dias de plantio foi aplicado água com condutividade elétrica de 3,6 dS/m a intervalos de 14 dias, nível esse de salinidade identificado em experimento anterior (Capítulo 2) como causador de maiores danos na palma. Foi feita a aplicação da solução estoque nutritiva de Hoagland e Arnon (Hoagland e Arnon, 1950) no solo numa quantidade de 8 mL/vaso. A adubação nitrogenada foi realizada utilizando nitrato de amônio (NH₄NO₃) a 33%, aplicando-se 3g de N equivalente a aplicação de 20 mL de NH₄NO₃ /vaso. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis repetições, totalizando 120 parcelas, sendo o peso inicial dos cladódios o critério de blocagem.

A água aplicada foi quantificada por vaso, sendo cessada a aplicação quando a água era drenada. Após a aplicação foi realizada a soma de toda a água aplicada por planta durante a realização do experimento. No drenado foi feita à leitura da condutividade elétrica a cada 28 dias, após a leitura o drenado era devolvido para o vaso.

Foi feita a leitura da condutividade elétrica da água de irrigação resultando em 0,30 dS/m. Também foi determinada a condutividade elétrica do extrato de saturação solo no início do experimento resultando em 0,34 dS/m.

Para avaliar os danos nas plantas foi utilizada uma escala de notas para toda a planta, variando de 1 a 5 (Tabela 4), sendo considerado dano o cladódio que apresentasse aspecto de desidratação e coloração amarelada. As avaliações foram realizadas a cada 14 dias. Os clones que obtiveram nota 5 para danos por três avaliações consecutivas, sendo considerada nota máxima, foram colhidos, sendo retirada a parte aérea e raízes das plantas.

Tabela 4. Escala de notas utilizadas na avaliação para danos de clones de palma forrageira.

Nota	Danos (%)
1	0
2	1-25
3	26-50
4	51-75
5	76-100

Fonte: Adaptado de Ponnampertuma (1977).

A medida que as plantas eram colhidas, foi realizada a coleta do solo, para a determinação da condutividade elétrica através do extrato de saturação.

Após a colheita das plantas, todo o sistema radicular foi lavado em bandeja separando-se as raízes que ficaram agregadas ao solo e lavando-as com auxílio de peneira, utilizando-se jato de água, até que todo o sistema radicular ficasse livre de partículas de solo. Após o procedimento de lavagem foi realizada a análise morfológica do sistema radicular, utilizando o sistema Winrhizo Pro 2009ab (Regent Instr. Inc), acoplado a um scanner profissional Epson XI 10000. As raízes foram dispostas em uma cuba de acrílico de 20 cm de largura por 30 cm de comprimento contendo água. A utilização desse acessório permitiu a obtenção de imagens em três dimensões, evitando também a sobreposição das raízes; as características avaliadas foram comprimento (cm), área de superfície (cm²) e diâmetro médio (mm) das raízes.

Foram colhidas amostras de plantas e raízes para determinação da composição química. Foram determinados os teores de matéria seca (MS) da planta, no Laboratório de Plantas Forrageiras do Depto Zootecnia – UFRPE, e teores de sódio (Na) e Clorofila no Centro de Apoio a Pesquisa - UFRPE, de acordo com metodologia descrita pela AOAC (1980) e Bezerra Neto e Barreto (2011), respectivamente.

A análise de variância foi realizada utilizando-se o Procmixed do Software SAS (SAS, 1999), sendo as médias dos tratamentos experimentais comparadas pelo teste Scott Knott a 5% de significância.

Resultados e discussão

Houve diferenças significativas para a quantidade de água (Tabela 5). O clone Liso Forrageiro recebeu maior quantidade de água com 25.816 litros, fatos provavelmente devido a maior número de dias que estes clones foram colhidos. Os Clones Chile Frut, Ipa Sertânia, F-8, Copena F-1, Orelha de Onça e Gigante receberam menor quantidade de água com 15,150; 19,583; 14,024; 16,966; 16,350 e 17,083L, respectivamente.

Tabela 5. Quantidade de água aplicada (L) no momento da colheita (dS/m) de clones de palma forrageira.

Clones	Quantidade de água (L)
Chile Frut	15,150 c
Ipa Sertânia	19,583 c
F-8	14,024 c
Copena F1	16,966 c
Ipa 90-156	20,600 c
Ipa 90- 111	19,366 b
Miúda	18,050 b
F-24	18,250 b
F-21	19,200 b
Orelha de Elefante Africana	19,933 b
Ipa clone 20	19,150 b
F-13	21,983 a
Orelha de Elefante Mexicana	19,074 b
Orelha de onça	16,350 c
Redonda	17,416 b
Algerian	20,866 b
Gigante	17,083 c
V-16	21,366 b
Liso Forrageiro	25,816 a
Copena V1	19,050 b
CV (%)	7,82

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste Scott Knott.

A quantidade de água influenciou diretamente no acúmulo de sódio no solo e consequentemente na condutividade elétrica, apresentando os clones idades distintas para o aparecimento de clorose e desidratação.

Houve diferenças significativas ($P < 0,05$) para os dias necessários para os clones atingirem as notas 2, 3, 4, e 5, que representam os diferentes níveis de danos apresentados pelas plantas, condutividade elétrica do drenado e condutividade elétrica do solo no momento da colheita (Tabela 6). O clone que alcançou mais rapidamente a nota 2, com sintomas visuais de clorose e desidratação (25% de danos) foi o Chile Frut com 41 dias para atingir essa nota, apresentando condutividade elétrica do drenado de 41,22 (dS/m). Os últimos clones a atingirem a nota 2 foi o Liso forrageiro (*Opuntia* spp), Algerian (*Opuntia* spp) e F-21 (*Nopalea cochenillifera*) com 137, 118 e 125 dias, e condutividade elétrica do drenado de

69,72; 69,87 e 67,92 respectivamente, indicando provavelmente que houve acúmulo de sódio no solo, ou no interior das plantas, tornando indisponível a água ou os nutrientes requeridos.

Os clones que obtiveram 50% de danos (nota 3) em menor número de dias foram os clones Chile Frut, F-8, Gigante, V-16 e Copena V-1 com 43, 75, 53, 71 e 61 dias, respectivamente. A condutividade elétrica do drenado para esses clones se encontrava em 52, e 32 34, 38, 57 dS/m, respectivamente. Os clones Ipa Sertânia, Ipa 90-156, F-21, Orelha de Elefante Mexicana, Orelha de Onça, Algerian, e Liso Forrageiro, levaram mais dias para alcançar 50% de danos, e apresentaram maiores condutividades elétricas do drenado, indicando maior acúmulo de sódio no solo.

Para a nota 4 (75% de danos), o clone Liso Forrageiro alcançou aos 265 dias, com condutividade elétrica do drenado, sendo superior aos demais clones. Para a nota 5 (100% de danos), o clone Liso Forrageiro alcançou clorose e desidratação em 100% das plantas com 419 dias, e maior condutividade elétrica do solo de 95.84 dS/m, sendo o clone mais resistente ao nível de salinidade que se encontrava no solo. Apesar de o Liso forrageiro alcançar maior número de dias para ser colhido, este é considerado de baixa resistência a cochonilha do carmim, sendo uma característica indesejável para palma forrageira para as áreas de ocorrência da praga.

Os clones que alcançaram nota 5 mais rapidamente foi o F-8 em 130 dias, indicando assim menor tolerância desse clone ao estresse salino. Este clone apresentou menor condutividade elétrica do solo com 66.45 dS/m, provavelmente influenciado pela menor quantidade de água recebida.

Salazar e Veliz (2008) verificaram sobrevivência da *Opuntia ficus-indica* com 10 semanas de aplicação de tratamento com 100 mMol, quando a parte aérea manifestou sintomas visuais de clorose e desidratação, quando foram colhidas. Diferente da presente pesquisa em que os clones foram colhidos com 100% de danos.

Os valores de condutividade elétrica apresentados são considerados altos, segundo Bor et al. (2003), a maioria das plantas só consegue se desenvolver com condutividade elétrica do solo abaixo de 8 dS/m, algumas espécies produzem até em condutividade menor que 3 dS/m, acima do qual ocorre estresse osmótico ou iônico, fazendo com que cheguem até a morte.

Amador et al. (2001) verificaram efeitos de salinidade em *Opuntia ficus-indica*, com a condutividade elétrica do solo em 5 dS/m. Segundo os autores essa condutividade elétrica é suficiente para diminuir a produção em 20 semanas de cultivo. A condutividade elétrica do solo, é considerada alta acima de 8 dS/m para a maioria das culturas. Segundo Munns et al. (2002), a medida que se adiciona água salina no solo, este acumula os íons até a sua saturação, tornando assim após o máximo de acumulação um valor constante. De acordo com Munns e Tester (2008), a sobrevivência de plantas submetidas ao estresse salino, é de acordo com a capacidade em restringir ou absorver os íons. A restrição se dá pela faixa caspariana e a compartimentação dos íons para o apoplasto através de proteínas transportadoras. É provável que o clone Liso Forrageiro utilize mecanismos de tolerância para ter alcançado 419 dias submetidos ao estress salino.

Tabela 6. Número de dias necessários para os clones de palma forrageira atingirem as notas de danos de 2, 3, 4 e 5, condutividade elétrica do drenado e condutividade elétrica do solo (dS/m).

Clones	Nota 2	CE Drenado (dS/m)	Nota 3	CE Drenado (dS/m)	Nota 4	CE Drenado (dS/m)	Nota 5	Condutividade elétrica do solo (dS/m)
Chile Frut	41,50 d	41,22 b	43,27 c	52,76 b	111,17 c	70,32 b	175,33 c	74,97 b
Ipa Sertânia	90,83 b	62,65 a	145,83 a	74,96 a	200,17 b	82,60 a	242,17 c	90,98 a
F-8	60,00 c	32,96 c	75,39 c	34,92 c	120,83 c	52,66 c	130,45 d	66,45 c
Copena F1	66,66 c	39,82 b	122,83 b	44,27 b	169,67 b	72,36 b	213,50 c	75,22 b
Ipa 90-156	64,00 c	42,29 b	144,00 a	62,68 b	203,00 b	82,07 a	261,33 b	92,70 a
Ipa 90-111	62,66 c	44,96 b	104,17 b	69,62 a	186,00 b	73,06 b	259,33 b	83,48 b
Mnida	75,33 b	46,72 b	117,50 b	62,24 b	150,00 c	70,22 b	204,00 c	83,27 b
F-24	61,83 c	31,82 c	122,00 b	64,28 b	145,33 c	68,23 b	216,50 c	81,44 b
F-21	125,33 a	67,92 a	137,50 a	69,72 a	158,17 b	79,66 b	227,33 c	81,78 b
Orelha de Elefante	66,66 c	36,47 b	109,67 b	60,22 b	186,67 b	80,76 a	251,00 b	83,05 b
Africana								
Ipa clone 20	64,33 c	32,79 c	114,67 b	62,96 b	153,83 b	74,67 b	229,67 c	80,59 b
F-13	69,16 c	37,82 b	113,67 b	56,72 b	180,83 b	70,04 b	310,83 b	93,03 a
Orelha de Elefante	60,00 c	43,96 b	135,01 a	54,36 b	168,21 b	72,67 b	247,62 b	82,17 b
Mexicana								
Orelha de onça	69,50 c	42,27 b	137,33 a	65,66 b	158,33 b	70,02 b	228,83 c	74,14 b
Redonda	59,83 c	38,54 b	102,33 b	69,00 a	173,50 b	78,36 b	232,50 c	80,30 b
Algerian	118,50 a	69,87 a	172,00 a	70,26 a	203,00 b	82,82 a	297,50 b	91,30 a
Gigante	57,00 c	36,72 b	53,66 c	38,29 c	120,67 c	62,26 b	209,00 c	76,09 b
V-16	71,66 b	42,37 b	71,66 c	57,29 b	206,50 b	82,97 a	323,50 b	90,45 a
Liso Forrageiro	137,40a	69,72 a	137,60 a	71,66 a	265,17 a	88,92 a	419,17 a	95,84 a
Copena V1	61,66 c	31,74 c	61,66 c	32,87 c	140,83 c	66,02 b	236,50 c	81,04 b
CV (%)	15,72	9,13	10,34	16,29	12,16	15,78	14,70	13,25

Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste Scott Knott.

Ocorreram diferenças significativas ($P < 0,05$) para a produção de MS de clones de palma (Tabela 7). A maior produtividade foi observada nos clones Ipa 90-156, Orelha de Elefante Africana, Ipa Clone 20, F-13 e Orelha de Elefante Mexicana com 45,1; 50,8; 50,6; 41,3 e 51,5 g/planta, respectivamente. Apesar de terem sido colhidas em menos dias (261, 251, 229, 310 e 247 dias, respectivamente) estas apresentaram maior produtividade, sendo estes com variável resistência a cochonilha do carmim (baixa, alta, baixa, alta e alta, respectivamente). A palma Miúda que tem alta resistência a cochonilha do carmim, apresentou produtividade de 34,1 g/planta aos 204 dias de colheita. No capítulo 2, observou-se produção para este cultivar de 100g/planta (Figura 6, capítulo 2) aos 225 dias de crescimento sob 0,3 dS/m de salinidade. As menores produtividades foram observadas nos clones F-8, F-21 e Algerian com 25,3; 28,2 e 19,2 g/planta respectivamente.

Amador et al. (2001) verificaram produtividade de 46 g/planta para o clone Copena – V1 (*Opuntia ficus -indica*) com 147 dias de cultivo em salinidade de 2 dS/m, sendo considerado produtividade baixa mesmo com o clone sendo cultivado e considerado adaptado as condições da região do México com salinidade do solo média de 2 a 5 dS/m.

De acordo com Nobel (1989), a palma forrageira não se desenvolve em solos salinos, sendo considerada sensível quando cultivada nesses solos, sua produtividade diminui, em consequência da diminuição da suculência dessas plantas. A produtividade de cactáceas é influenciada não só por fatores de meio, mas pelo genótipo, cactáceas podem produzir mais ou menos de acordo com o grau de adaptabilidade (Hatzman et al., 1991).

Os teores de sódio das plantas foram maiores ($P < 0,05$), para os cultivares Chile Frut, Ipa Sertânia, F-24, F-21, Orelha de Elefante Mexicana, Redonda, Algerian, Gigante e V-16, com valores de 0,90; 0,91; 1,05; 1,02; 0,94; 0,91; 1,07; 1,02; 0,91 % na MS, respectivamente (Tabela 7). O Liso forrageiro último clone a ser colhido, apresentou 0,57 % de sódio, de

acordo com os dados observados, é provável que a exclusão de sódio fosse mais eficiente no clone Liso Forrageiro que nos demais clones, evidenciando maior adaptabilidade ao estresse salino, pois o solo desse clone apresentou maior condutividade elétrica (Tabela 6).

Amador et al. (2001) verificaram aumento nos teores de sódio na parte aérea de Copena – V1 de 0,51 a 1,51 % na MS, quando o nível de salinidade aumentou de 2 para 21 dS/m em plantas cultivadas com 21 semanas em casa de vegetação, no nível de salinidade de 5 dS/m o teor de sódio na parte aérea das plantas foi de 0,62 % .

Segundo Nobel (1989), cactáceas cultivadas em salinidade de 100 mMol tem o seu teor de sódio aumentado em até 90%, modificando assim as atividades metabólicas, indicando que a exclusão desse íon não seria tão eficiente, razão pela qual a palma é considerada sensível a salinidade.

Ocorreram diferenças significativas ($P < 0,05$) para o teor de clorofila (Tabela 7). O clone Liso Forrageiro apresentou teor 0,82 mg/g na matéria fresca. Os clones Miúda, Gigante, Redonda e Orelha de Elefante Mexicana apresentaram teores de 0,62; 0,65; 0,76 e 0,78 mg/g na matéria fresca, respectivamente.

Resultados semelhantes foram verificados por Salazar e Veliz (2008), trabalhando com cultivo hidropônico de *Opuntia ficus-indica* por 10 semanas, com concentrações de 0, 50 e 150 mMol de NaCl, verificaram que o conteúdo de clorofila foi afetado significativamente, com valores de 0,50 a 0,100 mg/g em tecido fresco.

Tabela 7. Produção de matéria seca (g/planta), teor de sódio (% na matéria seca) e teor de clorofila (mg/g) de clones de palma forrageira.

Clones	MS (g/planta)	Teor de sódio (%)	Clorofila (mg/g)
Chile Frut	33,2 b	0,90 a	0,62 b
Ipa Sertânia	39,4 b	0,91 a	0,57 b
F-8	25,3 c	0,79 b	0,60 b
Copena F1	35,2 b	0,78 b	0,64 b
Ipa 90-156	45,1 a	0,66 b	0,61 b
Ipa 90- 111	35,3 b	0,70 b	0,75 a
Miúda	34,2 b	0,76 b	0,62 b
F-24	34,1 b	1,05 a	0,55 b
F-21	28,2 c	1,02 a	0,70 a
Orelha de Elefante Africana	50,8 a	0,79 b	0,79 a
Ipa clone 20	50,6 a	0,81 b	0,73 a
F-13	41,3 a	0,74 b	0,68 a
Orelha de Elefante Mexicana	51,5 a	0,94 a	0,78 a
Orelha de onça	38,3 b	0,83 b	0,62 b
Redonda	33,4 b	0,91 a	0,76 a
Algerian	19,2 c	1,07 a	0,59 b
Gigante	35,3 b	1,02 a	0,65 a
V-16	32,2 b	0,91 a	0,72 a
Liso Forrageiro	36,1 b	0,57 b	0,82 a
Copena V1	32,4 b	0,62 b	0,54 b
CV (%)	6,22	5,67	7,82

Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste Scott Knott.

De acordo com Munns e Sharp (1993), o teor de clorofila em plantas cultivadas sobre condições favoráveis é entre 0,9 e 1,9 mg/g de tecido fresco. A diminuição da clorofila nos tecidos deve-se ao fato da inibição de enzimas específicas responsáveis pela síntese de clorofila e da destruição da clorofila ou cloroplastos.

Christopher et al. (1980), estudando a estrutura de cloroplastos em plantas C4, verificaram que a ausência ou excesso de sódio sobre os mesmos acarretaram diminuição no número de tilacóides, diminuindo assim a concentração de pigmentos fotossinteticamente ativos, assim as plantas tiveram diminuição de tamanho acarretando danos como clorose.

Ocorreram diferenças significativas para comprimento (cm), diâmetro médio (mm), área de superfície (cm²) e peso seco de raízes (g/planta) (Tabela 8). Os maiores comprimentos de raízes foram verificados nos clones Miúda, Orelha de Elefante Africana, Ipa Clone 20,

Orelha de Elefante Mexicana, Redonda, Gigante e Liso Forrageiro com 39,73; 32,91; 38,72; 42,09; 32,76; 43,78 e 45,89 cm, respectivamente. Os menores comprimentos foram dos clones Chile Frut, F-8, Orelha de Onça, Algerian, V-16 e Copena V-1 com 2,97; 1,96; 3,26; 1,99; 1,60 e 3,00 cm, respectivamente.

Os resultados encontrados foram semelhantes aos de Amador et al. (2001), que verificaram que com 21 semanas de aplicação de solução salina, o comprimento de raízes diminuiu de 21,7 para 10 cm, a medida que a salinidade aumentava de 2 para 21 dS/m, fato associado provavelmente ao acúmulo e toxidez do sódio no solo, proporcionando impedimento no crescimento de raízes. Snyman (2004), cultivando espécies de palma na África do Sul, verificou que os comprimentos de raízes tiveram redução significativa com o estresse hídrico. Segundo o autor, as raízes de palma parece não ter a capacidade de se desenvolver em ambientes salinos, pois as mesmas perdem massa seca e tendem a morrer sob seca ou estresse iônico.

Os maiores pesos de raízes alcançados foram dos clones Liso Forrageiro, Gigante, Redonda, Orelha de Elefante Mexicana e Ipa Clone 20 com 34,7; 29,5; 33,7; 20,2 e 22,3 g/planta, respectivamente. Menores pesos de raízes encontravam-se nos clones Chile Frut, F-8, Orelha de Onça, Algerian, V-16 e Copena – V1 com 5,2; 3,1; 5,1; 3,0; 3,2 e 3,1 g/planta, respectivamente, indicando assim menor tolerância desses clones ao estresse salino.

Os resultados de menores pesos foram semelhantes aos encontrados por Amador et al. (2001), que verificaram diminuição do peso seco de raízes em *Opuntia ficus-indica* de 13 para 2,7 g/planta cultivadas em casa de vegetação, a medida que o nível de salinidade aumentou de 2 para 21 dS/m, concluindo que a espécie é sensível ao sal.

De acordo com Gersani et al. (1993), o peso seco de raízes de *Opuntia* spp reduzem em 30%, quando são cultivadas em 30 mM de NaCl e 93%, quando em 100 mM de NaCl, indicando assim que estas espécies são sensíveis ao estresse salino.

O Liso Forrageiro que foi colhido em maior numero de dias apresentou maior diâmetro médio e maior área de superfície com 0,939mm e 3,51cm², respectivamente. De acordo com Gersani et al. (1993), raízes de *Opuntia* submetidas a estresse salino tem seu crescimento reduzido se comparado com plantas cultivadas em ambiente favorável, em contrapartida o diâmetro pode aumentar para tentar absorver mais nutrientes, já que os mesmos estão em condições de indisponibilidade para as plantas.

O aumento do diâmetro pode ser uma tentativa ou mecanismo de sobrevivência ao ambiente atípico (Gersani et al., 1993). O diâmetro médio encontrado por esses autores para a *Opuntia ficus-indica* foi de 0,47 mm para as raízes que não receberam solução salina e para as raízes que receberam solução salina de 100 mmol durante 28 dias, o diâmetro médio foi de 1,00 mm, sendo influenciado portanto, pelo estresse salino.

As maiores áreas de superfícies observadas foram dos clones com maior comprimento de raiz e maior diâmetro médio (Tabela 8). O diâmetro médio e a área de superfície estão relacionados diretamente com a absorção de nutrientes. Gersani et al. (1993) encontraram efeitos significativos para área de superfície de raízes de *Opuntia ficus-indica* submetidas a estresse salino. Raízes com presença de solução salina de 100 mmol foram as que obtiveram menores valores de 1,0 cm², devido ao seu menor desenvolvimento.

Tabela 8. Comprimento (cm), diâmetro médio (mm), área de superfície (cm²) e peso seco (g/planta) em raízes de clones de palma forrageira.

Clones	Comprimento (cm)	Diâmetro médio (mm)	Área de superfície (cm ²)	Peso seco (g/planta)
Chile Frut/1317	2,97 d	0,362 b	0,99 c	5,2 c
Ipa Sertânia	14,72 b	0,372 b	1,30 c	10,3 b
F – 8	1,96 d	0,682 a	0,76 c	3,1 c
Copena – F1	15,89 b	0,589 b	2,12 b	12,8 b
IPA 90 – 156	17,89 b	0,249 c	1,23 c	14,7 b
IPA 90 – 111	26,54 b	0,329 c	1,46 c	15,6 b
Miúda	39,73 a	0,736 a	3,04 a	15,4 b
F – 24	18,24 b	0,426 b	1,36 c	13,1 b
F – 21	13,25 c	0,587 b	1,45 c	15,2 b
Orelha de Elefante				
Africana	32,91 a	0,515 b	3,42 a	16,1 b
IPA Clone 20	38,72 a	0,879 a	2,03 b	22,3 a
F – 13	25,33 b	0,479 b	2,43 b	19,1 b
Orelha de Elefante				
Mexicana	42,09 a	0,829 a	3,15 a	20,2 a
Orelha de onça	3,26 d	0,297 c	0,89 c	5,1 c
Redonda	32,76 a	0,715 a	4,10 a	33,7 a
Algerian	1,99 d	0,619 a	2,12 b	3,0 c
Gigante	43,78 a	0,743 a	3,92 a	29,5 a
V – 16	1,60 d	0,216 c	1,03 c	3,2 c
Liso forrageiro	45,89 a	0,939 a	3,51 a	34,7 a
Copena – V1	3,00 d	0,229 c	1,02 c	3,1 c
Cv (%)	47,1	33,3	52,37	13,12

Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste Scott Knott.

Conclusões

Os clones de palma apresentam variabilidade quanto a adaptação à salinidade em condições de casa de vegetação. O Clone F-8 foi colhido em menor número de dias, indicando assim menor tolerância a salinidade.

O clone Liso Forrageiro apresenta maior adaptação a salinidade, sendo colhido em maior número de dias, com recebimento de maior quantidade de água, tendo maior dimensão e peso seco de raízes e maior teor de clorofila.

Referências

- AMADOR, M. B.; AVILA, A. C.; DIEGUES, E. T.; GARIBA, A. N.; JONES, H. G. Effects of NaCl salinity on growth and production of young cladodes of *Opuntia ficus indica*. **Journal of Agronomy and Crops Science**, v. 187, n. 4, p. 269-279, 2001.
- AOAC, Association of official analytical chemists. Washington. **Official Methods of Analysis**, 13. Washington, c. 1018, 1980.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises Químicas e Bioquímicas em Plantas**. Recife UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, p. 267. 2011.
- CHRISTOPHER, P. L.; GROF, M. J.; BROWNELL, P. F. Effect of sodium nutrition on the ultrastructure of chloroplasts of C4 plants. **Plant Physiology**, n. 89, p. 539-543. 1989.
- GERSANI, M.; GRAHAM, E. A.; NOBEL, P. S. Growth responses of individual roots of *Opuntia ficus-indica* to salinity. **Plant, Cell and Environment**, v. 16, p. 827-834, 1993.
- HATZMAN, S.; EHERT, G.; WEDERS, P. Influence of NaCl salinity on growth, ion uptake, and gas exchange of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. **Angewandte Botanik**, v. 65, p. 161-168. 1991.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, p. 347. 1950.
- 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.
- MUNNS, R.; SHARP, R. E. Involvement of abscisic acid in controlling plant growth in soils of low water potential. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 22, p. 561-569, 1995.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual review of Plant Biology**, Elsevier, Sc, v. 59, n. 4, p. 651-681, 2008.
- MUNNS, R.; HUSAIN, S.; RIVELLI, A. R.; RICHARD, A. J.; CONDON, A. G.; MEGAN, P. L.; EVANS, S. L.; SCHACHTMAN, D. P.; HARE, R. A. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. **Plant and Soil**, v. 247, p. 93-105, 2002.
- NERD, A., A. KARADI, AND Y. MIZRAHI. Irrigation, fertilization and polyethylene covers influence bud development in prickly pear. **Hortscience**, v 24, p. 773-775, 1989.
- NOBEL, P. S.: **Los Incomparables Agaves y Cactus**. Ed. Trillas, Mexico, D.F., México. p.23-35, 1998.
- NOBEL, P. S. A Nutrient index quantifying productivity of agaves and cacti. **Journal Applied Ecology**. v. 26, p. 635-645. 1989.

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**, (Suplemento), p, 6-10, 2005.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 60, n. 3, p. 324-349. 2005.

PONNAMPERUMA, F. N. **Screening Rice for tolerance to mineral stresses**. Los Banos.: IRRI, 1977, p. 21.

SALAZAR, V. A. F.; VELIZ, J. A. Efectos de La salinidad sobre el crecimiento, acidez titulable y concentracion de clorofila em *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. **Saber, Universidad de Oriente**, v. 20, n. 1, p. 12-17, 2008.

SAS INST.INC.SAS statistics user's guide.Release version 6. **SAS Ins. Inc., Cary, NC**. 1999.

SNYMAN, H. A. Effect of water stress on root growth of *Opuntia ficus-indica* and *Opuntia robusta*. **South African Journal of Animal Science**, v. 34 (Supplement 2) p. 101-103, 2004.

VASCONCELOS, A. G. V. de.; LIRA, M. de A.; CAVALCANTI, U. L. B.; SANTOS, M. V. F. dos; WILLADINO, L. Seleção de clones de palma forrageira resistentes a cochonilha-do-carmim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009.

WINRHIZO 2009A,B. **Regent Instruments Canada Inc**. p, 7-139. 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha de cultivares de palmas forrageiras resistentes a salinidade e a cochonilha do carmim são importantes para o semiárido brasileiro, considerando a importância deste forrageira como suporte forrageiro alimentar para os animais nesta região, principalmente no período crítico.

Irrigações mais frequentes com água de baixa salinidade proporciona maior produtividade da palma forrageira cv. Miúda. Em irrigações menos frequentes, a palma forrageira diminui a sua produtividade, mesmo com níveis baixos de salinidade da água.

Níveis mais altos de salinidade de 3,6 dS/m resultaram na diminuição da suculência da palma, ocasionando maior teor de matéria seca. O solo Franco Arenoso, com maior teor de nutrientes, proporciona maior desenvolvimento da palma Cv. Miúda.

Os clones de palma forrageira se comportaram de maneira distinta ao estresse salino, apresentando diferenças nas produtividades, destacando-se o clone Liso Forrageiro, de baixa resistência a cochonilha do carmim, que levou mais dias para ser colhido, por ter retardado o aparecimento de danos numa proporção mais elevada.