

SAMARA SIBELLE VIEIRA ALVES

**DESEMPENHO DE CULTURAS SOB ESTRESSE SALINO
EM SOLOS REPRESENTATIVOS DO AGROPÓLO
MOSSORÓ-ASSU**

MOSSORÓ - RN

2012

Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA

A474dAlves, Samara Sibelle Vieira.

Desempenho de culturas sob estresse salino em solos representativo do agro polo, Mossoró, Assú. / Samara Sibelle Vieira Alves. -- Mossoró, 2012.

118 f.: il.

Tese (Pós Graduação em Fitotecnia) Área de concentração: Fitotecnia. -Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Orientador: Dr: José Francismar de Medeiros.

Co- orientador: Dr: Manoel Januário da Silva Júnior.

1. Salinidade. 2. Crescimento inicial. 3. Acúmulo de nutrientes. I. Título.

CDD: 631.42

Bibliotecária: Vanessa de Oliveira Pessoa
CRB15/453

SAMARA SIBELLE VIEIRA ALVES

**DESEMPENHO DE CULTURAS SOB ESTRESSE SALINO EM
SOLOS REPRESENTATIVOS DO AGROPÓLO MOSSORÓ-ASSU**

**Tese apresentada à Universidade
Federal Rural do Semiárido, como
parte das exigências para obtenção
do título de Doutor em Fitotecnia.**

**ORIENTADOR:
Prof. Dr. JOSÉ FRANCISMAR DE MEDEIROS**


**MOSSORÓ – RN
2012**

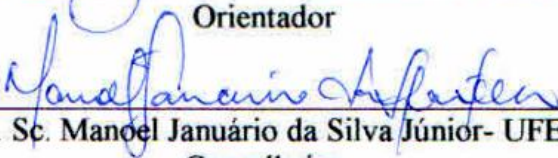
SAMARA SIBELLE VIEIRA ALVES

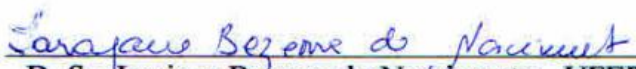
**DESEMPENHO DE CULTURAS SOB ESTRESSE SALINO EM
SOLOS REPRESENTATIVOS DO AGROPÓLO MOSSORÓ-ASSU**


Tese apresentada à Universidade
Federal Rural do Semiárido, como
parte das exigências para obtenção
do título de Doutor em Fitotecnia.

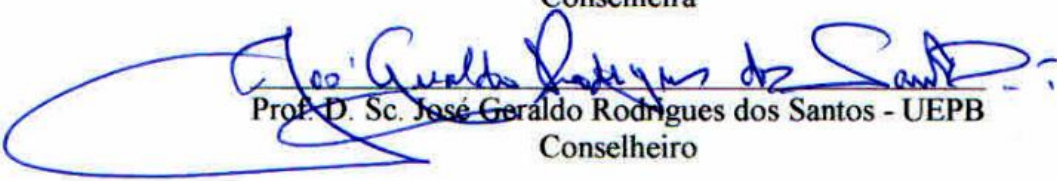
APROVADA EM: ____ / ____ / ____


Prof. D. Sc. José Francismar de Medeiros - UFRSA
Orientador


Prof. D. Sc. Manoel Januário da Silva Júnior- UFRSA
Conselheiro


D. Sc. Iarajane Bezerra do Nascimento - UFRSA
Conselheira


Profª. D. Sc. Damiana Cleuma de Medeiros - UFRN
Conselheira


Prof. D. Sc. José Geraldo Rodrigues dos Santos - UEPB
Conselheiro

Dedico ao meu noivo Alderi da Silva, como reconhecimento a atenção e paciência durante todo o período de pós-graduação.

DEDICO

A minha mãe Josefa, ao meu pai Severino e aos meus irmãos que sempre apoiaram meus estudos, contribuindo não só na com educação, mais na formação moral, intelectual e espiritual.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo Dom da vida e proteção espiritual.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido, ao Programa de pós-graduação em Fitotecnia e ao Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado e execução da pesquisa.

Ao INCT Sal, pelo apoio financeiro durante o desenvolvimento da pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Fábio Henrique pela proposta de pesquisa, amizade e confiança.

Ao professor José Francismar de Medeiros, pela orientação, sabedoria e seriedade no desenvolvimento da pesquisa.

Ao professor Manoel Januário da Silva Júnior, pela sua atenção, disponibilidade e orientações na análise dos dados.

Aos membros da Banca examinadora pelas sugestões e contribuição na melhoria da qualidade do trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia e Manejo de Água e Solo pela contribuição científica durante as aulas ministradas.

As professoras Maria Auxiliadora, Damiana Cleuma e Carolina Malala pela amizade, incentivo e companheirismo. Nos momentos mais difíceis me confortaram!

Aos professores José Espínola e Neyton Miranda pela disponibilidade e amizade.

Aos colegas de Pós-graduação da UFERSA: Marcelo Sobreira, Maria Isabel, Dijalma Freitas, Danielly Formiga, Vanessa Medeiros, Welder Lopes e Taliane Teófilo, pelo companheirismo ao longo do curso.

A equipe que desenvolveu os trabalhos de campo Max Vinícius, Iarajane, José Leôncio, Breno Leonan, Murillo Anderson, Maria Laine, Paulo Sérgio, Robson, César e Ana Jacqueline, pela ajuda e companheirismo durante a execução do experimento.

Aos funcionários do LASAP, Ana Kaline, Seu Elídio, Seu Tomaz, Renan e Dona Maria José que contribuíram com a colaboração nas análises de água, solo e planta.

Ao meu grande amigo Welder Lopes que me auxiliou nos períodos mais difíceis do trabalho, pela sua disposição e carinho.

As minhas amigas Fabiana Xavier e Elisangela Costa pela cumplicidade e carinho especial dedicado durante todos os momentos que convivemos.

Aos meus amigos e companheiros de trabalho da UEPB Pedro Ferreira e Edvan Nunes pelo tempo que convivemos juntos.

As minhas vizinhas Edione Couto e Heloisa Couto, pela amizade e momentos de fé compartilhados.

Aos meus irmãos Saionara e Júnior que diversas vezes se deslocaram de Catolé do Rocha para me ajudar a montar e tirar os experimentos de campo.

A minha querida irmã Simone Alves, que com grande estima a tenho como exemplo de vida.

Aos meus pais Josefa e Severino que com muito carinho me educaram e me conduziram sempre para os melhores caminhos.

Aos secretários da Pós-graduação em Fitotecnia Maria do Socorro, Neto e Dona Lúcia pelo excelente serviço prestado a esta instituição.

Aos integrantes do Movimento UFERSA para Cristo, Obra de Maria e Missa da Graça pelos momentos de louvor e fé.

A professora Suziane e colegas do Jump, que me ajudaram a esquecer as adversidades me renovando todos os dias após as atividades.

A todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS!

*Se não houver frutos
Valeu a beleza das flores
Se não houver flores
Valeu a sombra das folhas
Se não houver folhas
Valeu a intenção da semente*

Henfil

BIOGRAFIA

SAMARA SIBELLE VIEIRA ALVES, filha de Severino Alves Segundo e Josefa Vieira Alves, nasceu no dia 29 de novembro de 1983, em Catolé do Rocha. Concluiu o Ensino Médio no Colégio Técnico Dom Vital em dezembro de 2001, ingressou no curso de Agronomia em março de 2002 e em 2006 diplomou-se Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal do Semi-Árido – UFERSA, em Mossoró. Em 2007 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agronomia em nível de Mestrado pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB e em 2009 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia em nível de Doutorado da UFERSA.

RESUMO

ALVES, Samara Sibelle Vieira. **Desempenho de culturas sob estresse salino em solos representativos do agropolo Mossoró-Assu**. 118f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN, 2012.

A utilização de fontes de água salina na irrigação pode, dependendo de sua composição, alterar de forma negativa as propriedades físicas e químicas do solo e, dependendo da sua forma de aplicação, provocar alterações nos processos fisiológico, bioquímico e molecular das plantas no crescimento. Neste contexto, objetivou-se estudar os efeitos da irrigação com água salina (CEa) no desempenho de culturas, em solos representativos do Agropólo Mossoró-Assu. O primeiro Experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciências Ambientais da UFERSA, Mossoró-RN, no período de maio a junho de 2010, utilizando-se o melão amarelo. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x6, com três repetições. Os fatores testados foram cinco tipos de solos: RQ, PVAe, CXve, RY e VX, e seis níveis de salinidade da água de irrigação (0,5; 1,0; 2,0; 3,0, 4,0 e 5,0 dS m⁻¹). O segundo experimento foi realizado em esquema fatorial 2x3x5 com três repetições, utilizando-se dois tipos de solos (PVAe e CXve), três níveis de salinidade (0,5; 2,75 e 5,0 dS m⁻¹) e cinco culturas: melão, feijão, sorgo, milho e pimentão. As características avaliadas foram: relação entre os dados da CEes e CE_{1:2,5}, evolução na salinidade do solo, área foliar em diferentes fases de desenvolvimento, acúmulo de massa seca, condutância estomática em plena floração e teores foliares de elementos minerais. Verificou-se que os valores da CEes podem ser estimados a partir da CE_(1:2,5) a partir de equações de regressão com boa precisão. Os valores de CEes cresceram com o aumento da salinidade aos 15 e 36 DAE, sendo esse efeito maior nos solos argilosos. Ocorreram reduções na matéria seca total da parte aérea (MSTPA) do meloeiro com o aumento da salinidade da água de irrigação para RQ, PVAe, CXve e RY. Para área foliar do meloeiro as maiores reduções foram verificadas no VX,

RY e CXve. Aos 36 DAE os maiores valores de AF foram observados no RQ e menor valor em VX. Os maiores picos de condutância estomática ocorreram às 8h 00 min da manhã com redução mais significativa até às 12h 00min continuando a decrescer até as 16h 00min, porém com menor intensidade. Nos RY e VX foram observados maiores valores de condutância para irrigação de água com menor salinidade. Ocorreram reduções na matéria seca total da parte aérea (MSTPA) do meloeiro com o aumento da salinidade da água de irrigação para RQ, PVAe, CXve e RY. Para área foliar do meloeiro as maiores reduções foram verificadas no VX, RY e CXve. Aos 36 DAE os maiores valores de AF foram observados no RQ e menor valor em VX. Os maiores picos de condutância estomática ocorreram às 8h 00 min da manhã com redução mais significativa até às 12h 00min continuando a decrescer até às 16h 00min, porém com menor intensidade. Nos RY e VX foram observados maiores valores de condutância para irrigação de água com menor salinidade. Ocorreram reduções na MSTPA para as culturas do feijão, milho e sorgo com o aumento da salinidade, com maiores decréscimos observados para cultura do feijão e sorgo no CXve. A cultura do meloeiro apresentou redução de AF com o aumento da salinidade aos 33 DAE e para o feijão, milho, sorgo e pimentão aos 33 e 40 DAE. Ocorreram maiores reduções de AF em PVAe para o feijão, milho e sorgo; no CXve para o pimentão. Houve interação dos tipos dos solos com os níveis de salinidade para os elementos minerais em todas as culturas.

Palavras-chave: salinidade, crescimento inicial, acúmulo de nutrientes.

ABSTRACT

ALVES, Samara Sibelle Vieira. Performance of crops under salt stress in soils representative of agropolo Mossoró-Assu. 118f. Thesis (Ph.D. in Plant Science)-Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN, 2012.

The use of sources of saline water for irrigation may, depending on its composition, negatively alter the physical and chemical properties of the soil and, depending on its application form, cause changes in plant growth and in physiological, biochemical and molecular processes. In this context, the study had as objective to evaluate the effects of irrigation with saline water (CEa) in the performance of crops in soils representative of agropolo Mossoró-Assu. The first experiment was conducted in the period of May-June 2010, in a greenhouse of the Environmental Sciences Department at UFERSA, Mossoró, RN, Brazil, using the yellow melon. The experimental design was an entirely randomized 5x6 factorial design with three replications. The factors tested were five soil types: RQ, PVAe, CXve, RY and VX, and six salinity levels of irrigation water (0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 and 5.0 dS m⁻¹). The second experiment was carried out in a 2x3x5 factorial scheme with three replications, which factors were two soil types (PVAe and CXve), three salinity levels (0.5, 2.75 and 5.0 dS m⁻¹) and five crops: melons, beans, sorghum, maize and bell pepper. Characteristics evaluated were: relationship between CEes and CE1: 2.5 data, soil salinity evolution, leaf area at different growth stages, dry matter accumulation, stomatal conductance at full bloom and foliar mineral elements. Results showed that values of CEes can be estimated with good accuracy from the EC (1:2.5) using regression equations. CEes values increased with increasing salinity, and their effect was greater in clay soils. There were reductions in total dry matter of shoots (MSTPA) of melon with increase of irrigation water salinity for RQ, PVAe, CXve and RY. Greater reductions were verified in VX, RY and CXve. At 36 DAE the greater values of AF were observed for RQ and the lower value for VX. The larger until peaks of

stomatal conductance occurred at 8h 00 min AM, with more significant reduction until 12h 00min AM, decreasing continuously until 4h 00min PM, however with less intensity. In RY and VX were observed larger values of conductance of irrigation of water with lower salinity. Reductions in MSTPA with increase in salinity were observed for the crops of beans, maize and sorghum, with larger decreases observed for beans and sorghum in the CXve. Reduction in AF due to salinity increase at was observed at 33 DAE for Melon, and at 33 and 40 DAE for beans, maize, sorghum and bell pepper. Larger reductions in AF occurred in the PVAe for beans, maize and sorghum; and for bell pepper in the CXve. Occurred interaction between soil types and salinity levels for mineral elements in all crops.

Keywords: soil salinity, initial growth, nutrient accumulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Casa de Vegetação onde foram realizados os experimentos. Mossoró, 2010	28
Figura 2. Curva de retenção de água nos solos utilizados nos experimento, médias das camadas de 0-20 e 20-40 cm. Mossoró-RN, 2010.....	32
Figura 3. Cultivar Mandacaru. Mossoró-RN, 2010	35
Figura 4. Cultivar Nectar. Mossoró-RN, 2010.....	35
Figura 5. Feijoeiro cv. Epacé 10. Mossoró-RN, 2010	36
Figura 6. Cultivar de Milho Impacto. Mossoró-RN, 2010.....	36
Figura 7. Cultivar de Sorgo BR 304. Mossoró-RN, 2010.....	37
Figura 8. Pimentão Atlantis. Mossoró-RN, 2010.....	38
Figura 9. Relação entre a $CE_{1:2,5}$ e a CEes nas profundidades de 0-20cm, 20-40cm e no perfil (0-40 cm) em Neossolo Quartizarenico (RQ) cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010.....	47
Figura 10. Relação entre a $CE_{1:2,5}$ e a CEes nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e no perfil (0-40 cm) em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (PVAe) cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010.....	48
Figura 11. Relação entre a $CE_{1:2,5}$ e a CEes nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e no perfil (0-40 cm) em Cambissolo Háplico (CXVe) cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010.....	49
Figura 12. Relação entre a $CE_{1:2,5}$ e a CEes nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e no perfil (0-40 cm) em Neossolo Flúvico (RY) cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010.....	49
Figura 13. Relação entre a $CE_{1:2,5}$ e a CEes nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e no perfil (0-40 cm) em Vertissolo (VX) cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010.....	50
Figura 14. Relação entre a CEes no perfil do solo (0-40 cm de profundidade) estimada pela $CE_{1:2,5}$ em função da CEa em solos do agropólo Mossoró-Assu cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010.....	51
Figura 15. Perfis de CEes estimada a partir da $CE_{1:2,5}$ do solo em função da salinidade da água de irrigação em RQ (A), PVAe (B), CXve (C), RY (D) e VX (E) aos 36 dias de cultivo com melão. Mossoró, 2010	54

Figura 17. Matéria seca da parte aérea de meloeiro cultivado até o período de floração em função da CEa em solos do agropólo Mossoró-Assu. Mossoró, 2010.	60
Figura 18. Área foliar do meloeiro em função da salinidade da água de irrigação em solos do agropólo Mossoró-Assu (Média das Épocas). Mossoró-RN, 2010.....	62
Figura 19. Área foliar do meloeiro em função da idade da planta em solos do agropólo Mossoró-Assu. Mossoró-RN, 2010	64
Figura 20. Condutância estomática na fase inicial do meloeiro cultivado em diferentes tipos de solo (A - RQ), (B - PVAe), (C - CXve), (D - RY) e (E - VX) e irrigados com água de diferentes níveis de salinidade aos 35 dias após a emergência.	67
Figura 21. Área foliar do meloeiro sob estresse salino em diferentes épocas de avaliação. Mossoró-RN, 2010.....	72
Figura 22. Área foliar do milho sob estresse salino em diferentes épocas de avaliação. Mossoró-RN, 2010.....	75
Figura 23. Área foliar da cultura do sorgo em função em cada época de análise do crescimento. Mossoró-RN, 2010	76
Figura 24. Área foliar do pimentão cultivado em PVAe e CXve em diferentes épocas de avaliação. Mossoró-RN, 2010	77
Figura 25. Área foliar do pimentão sob estresse salino em diferentes épocas de avaliação. Mossoró-RN, 2010.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tolerância relativa de diferentes culturas à salinidade na emergência e durante o crescimento e maturação (Maas, 1986).....	16
Tabela 2. Tolerância das culturas herbáceas à salinidade (Maas, 1986).....	16
Tabela 3. Caracterização Química e Físico-hídrica dos Solos utilizados nos Experimento I e II. Mossoró-RN, 2010.....	29
Tabela 4. Características químicas das águas utilizadas durante os Experimentos. Mossoró-RN 2010.....	33
Tabela 5. Dados da estação meteorológica automática da UFERSA referente ao período de condução do experimento. Mossoró-RN, 2010.....	40
Tabela 6. Valores médios de volume de irrigação para períodos quinzenais em função do tipo solo utilizado no experimento I. Mossoró-RN, 2010.....	40
Tabela 7. Valores médios de volume de irrigação acumulado para períodos quinzenais em função da cultura e do solo utilizado no experimento II. Mossoró-RN, 2010.....	41
Tabela 8. Equações utilizadas para estimar a área foliar do melão, feijão, milho, sorgo e pimentão. Mossoró, 2010.....	44
Tabela 9. Valores de teste F e significância estatística para os teores de matéria seca do meloeiro sob estresse salino em solos do agropólo Mossoró-Assu. Mossoró, 2010.....	58
Tabela 10. Valores médios de matéria seca da parte aérea do meloeiro sob estresse salino em solos representativos do agropólo Mossoró-Assu. Mossoró, 2010.....	59
Tabela 11. Valores de teste F e significância estatística para área foliar do meloeiro sob estresse salino em solos do agropólo Mossoró-Assu em quatro épocas de coleta. Mossoró, 2010.....	61
Tabela 12. Área foliar do meloeiro em função do tipo de solo para cada nível de salinidade da água de irrigação. Mossoró, 2012.....	63
Tabela 13. Área foliar do meloeiro em função do tipo de solo em cada época de análise do crescimento. Mossoró-RN, 2010.....	65

Tabela 14. Valores de teste F e significância estatística para os teores de matéria seca das culturas melão, feijão, milho, sorgo e pimentão sob estresse salino em PVAe e CXve. Mossoró, 2010.....	68
Tabela 15. Valores médios de matéria seca da parte aérea em diferentes culturas sob estresse salino em PVAe e CXve. Mossoró, 2010.....	69
Tabela 16. Valores médios de matéria seca da parte aérea do Melão, Milho e Pimentão em função do tipo de solo e da CEa. Mossoró, 2010	70
Tabela 17. Valores de teste F e significância estatística para o crescimento inicial do meloeiro sob estresse salino em solos do agropólo Mossoró-Assu em quatro épocas de coleta. Mossoró, 2010	71
Tabela 18. Área foliar do meloeiro em função da salinidade da água de irrigação em cada época de análise do crescimento. Mossoró-RN, 2010	71
Tabela 19. Valores de teste F e significância estatística para área foliar do feijoeiro, milho, sorgo e pimentão sob estresse salino em solos do agropólo Mossoró-Assu em cinco épocas de coleta. Mossoró, 2010	73
Tabela 20. Valores médios de área foliar das em culturas do feijão, milho e pimentão sob estresse salino em PVAe e CXve. Mossoró, 2010.....	73
Tabela 21. Área foliar do feijoeiro em função da salinidade da água de irrigação em cada época de análise do crescimento. Mossoró-RN, 2010.....	74
Tabela 22. Valores médios de área foliar na cultura do sorgo em PVAe e CXve sob estresse salino. Mossoró, 2010.....	75
Tabela 23. Área foliar do pimentão em função do tipo de solo e salinidade da água de irrigação em cada época de análise do crescimento. Mossoró-RN, 2010.....	77
Tabela 24. Valores de teste F e significância estatística para os teores de elementos minerais em folhas de meloeiro sob estresse salino em dois tipos de solos. Mossoró, 2012.....	79
Tabela 25. Teores de elementos minerais nas folhas do meloeiro durante o período de floração em função do tipo de solo e da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012.....	82
Tabela 26. Teores de P, Cu, Mn e Fe em PVAe e CXve e em função dos níveis de salinidade. Mossoró, 2012.....	83

Tabela 26. Valores de teste F e significância estatística para os teores de elementos minerais em folhas de feijoeiro sob estresse salino em dois tipos de solos. Mossoró, 2012	84
Tabela 28. Teores de elementos minerais nas folhas do feijoeiro durante o período de floração em função do tipo de solo e da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012	88
Tabela 29. Teores foliares de Fe em PVAe e CXve feijoeiro durante o período de floração . Mossoró-RN, 2012.....	89
Tabela 30. Valores de teste F e significância estatística para os teores de elementos minerais em folhas da cultura do milho sob estresse salino em dois tipos de solos. Mossoró, 2012.....	90
Tabela 31. Teores de elementos minerais nas folhas da cultura do milho durante o período de floração em função do tipo de solo e da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012.....	93
Tabela 32. Teores de P, Na e N nas folhas da cultura do milho durante o período de floração em função do tipo de solo. Mossoró-RN, 2012.....	93
Tabela 33. Teores de Na e Mg nas folhas da cultura do milho durante o período de floração em função da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012.....	94
Tabela 34. Valores de teste F e significância estatística para os teores de elementos minerais em folhas da cultura do sorgo sob estresse salino em dois tipos de solos. Mossoró-RN, 2012.....	95
Tabela 35. Valores de Teste F e significância estatística para os teores de elementos minerais em folhas da cultura do sorgo sob estresse salino em dois tipos de solos. Mossoró, 2012.....	98
Tabela 36. Teores de K e N nas folhas da cultura do sorgo durante o período de floração em PVAe e CXCve e P e K em função da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012.....	98
Tabela 37. Valores de teste F e significância estatística para os teores de elementos minerais em folhas da cultura do pimentão sob estresse salino em dois tipos de solos. Mossoró, 2012.....	100

Tabela 38. Teores de elementos minerais nas folhas da cultura do pimentão durante o período de floração em função do tipo de solo e da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012.....103

Tabela 38. Teores de Ca e Zn nas folhas da cultura do pimentão durante o período de floração em PVAe e CXve e Ca e Fe em função da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012.....104

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3.1 AGROPÓLO MOSSORÓ-ASSU	5
3.2 QUALIDADE DA ÁGUA PARA AGRICULTURA.....	7
3.3 SALINIZAÇÃO DO SOLO.....	10
3.4 EFEITOS DOS SAIS NAS PLANTAS	14
3.4.1 Efeito dos Sais sobre a cultura do meloeiro.....	17
3.4.2 Efeito da salinidade sobre a cultura do Feijão caupi.....	19
3.4.3 Efeito da salinidade sobre a cultura do Milho.....	20
3.4.4 Efeito da salinidade sobre a cultura do Sorgo.....	21
3.4.5. Efeito da salinidade sobre a cultura do Pimentão	21
3.5 INFLUÊNCIA DA SALINIDADE NA NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS	22
3.6 PRÁTICAS DE REDUÇÃO DO EFEITO DA SALINIDADE	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO	27
4.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	33
4.3 DESCRIÇÃO DAS CULTIVARES ESTUDADAS	34
4.3.1 Melão.....	34
4.3.2 Feijão Caupi.....	35
4.3.3 Milho.....	36
4.3.4 Sorgo.....	37
4.3.5 Pimentão.....	37
4.4 CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	38
4.5 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	42
4.5.1 Salinidade do solo.....	42

4.5.2 Parâmetros Vegetativos.....	43
4.5.3 Análises de trocas gasosas.....	44
4.5.4 Teores de elementos minerais nas folhas.....	44
4.5.5 Análise estatística dos dados.....	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 AVALIAÇÃO DA SALINIDADE DO SOLO.....	46
5.1.1 Relação entre a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e a condutividade elétrica da suspensão solo – água 1:2,5 (CE _{1:2,5})	46
5.1.2 Perfis de salinidade do solo e pH no experimento I.....	52
5.2 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS VEGETATIVOS	58
5.2.1 Matéria Seca da Parte Aérea.....	58
5.2.2 Área Foliar.....	60
5.3 Condutância Estomática.....	65
5.4 Matéria Seca da Parte Aérea	68
5.5 Área Foliar	70
5.6 TEORES DE ELEMENTOS MINERAIS NAS FOLHAS.....	78
5.6.1 Cultura do Melão.....	78
5.6.2 Cultura do Feijão.....	83
5.6.3 Cultura do Milho.....	89
5.6.4 Cultura do Sorgo.....	94
5.6.5 Cultura do Pimentão.....	99
6. CONCLUSÕES	105
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106

1. INTRODUÇÃO

A salinização dos solos pode ser resultante do material de origem e/ou do manejo inadequado de técnicas agrícolas, como adubação excessiva e irrigação com água imprópria para tal finalidade, transformando terras férteis e produtivas em áridas e impróprias para agricultura.

O Agropólo Mossoró-Assu é a principal região produtora de frutos, hortaliças e grãos da região semiárida do Estado do Rio Grande do Norte, onde se pratica agricultura de sequeiro e, principalmente, agricultura irrigada. Esta região é banhada por duas das maiores bacias hidrográfica do Estado do Rio Grande do Norte (Rio Apodi-Mossoró e Rio Piranhas-Açu) e ainda possui grandes volumes de água subterrânea nos aquíferos calcário (águas de média e de alta salinidade) e arenito-assu (água de baixa salinidade), principalmente na Chapada do Apodi.

Essa grande abundância de água permite a prática da irrigação, mas em algumas áreas irrigadas tem sido constatados problemas de salinização dos solos e perda de rendimento das culturas associados ao manejo inadequado do solo, da água e da planta. Embora esses problemas sejam mais evidentes em solos argilosos não muito bem drenados e que possuem argila de atividade alta, até então essas particularidades não tem sido devidamente consideradas pelos agricultores, técnicos e alguns pesquisadores da região. Geralmente se utiliza qualquer tipo de água e o mesmo manejo, independente do tipo de solo e de cultura.

Os materiais de origem dos solos da Chapada do Apodi são de natureza sedimentar, compostos principalmente por calcário, arenito, sedimentos do grupo barreiras e sedimentos aluviais. Isso leva a formação de solos com ampla variação de características químicas, físicas, mineralógicas e morfológicas, sendo que os solos mais comuns na região são os Cambissolos, Neossolos Litólicos, Chernossolos Rêndzicos, Neossolos Flúvicos, Vertissolos, Argissolos e Latossolos. Considerando o exposto, acredita-se que a textura e a mineralogia dos solos são características que devem ser consideradas no estabelecimento do manejo adequado de água e de planta na agricultura irrigada da região. No entanto,

verifica-se na literatura poucas pesquisas evidenciando a influência da salinidade em diferentes tipos de solo.

Problemas de salinidade são mais frequentes em regiões tropicais de clima quente e seco, caracterizado por elevadas taxas de evapotranspiração e baixos índices pluviométricos, a exemplo do Semiárido do Nordeste brasileiro, onde a salinização decorre da natureza física e química dos solos, do regime pluvial e da alta evaporação. Além disso, o uso de irrigação acarreta na incorporação de sais ao perfil do solo, devido aos íons solúveis presentes na água que com o uso constante sem lixiviação faz com que o sal se deposite na zona do sistema radicular, devido à evaporação. A drenagem restrita também contribui para a salinização dos solos irrigáveis, podendo influir na altura do lençol freático. A salinização do solo progride quando a quantidade de sais que nele é acumulada, pela água de irrigação, é maior que a quantidade removida pela água de drenagem (PIZARRO, 1985; AYERS; WESTCOT, 1999).

De acordo com Sumner (1995), vários solos que ocorrem em climas Semiáridos apresentam quantidades apreciáveis de minerais intemperizáveis (feldspatos, hornblendas, plagioclásios, calcita e gipsita), os quais podem manter altas atividades de íons cálcio, magnésio e sódio em solução. Além desses fatores, têm-se ainda a alta taxa de evapotranspiração e a presença de aquíferos subterrâneos com água enriquecida por sais (RICHARDS, 1954; SZABOLCS, 1995). Portanto, a identificação da mineralogia é importante, pois alguns solos têm em sua constituição elementos que podem contribuir com a salinização e, ou, alcalinização do solo, com fundamental importância para o entendimento deste processo que mantém um estreito relacionamento com a sustentabilidade agrícola.

Silva Junior *et al.* (1999), estudando a composição iônica do cristalino do Nordeste brasileiro (estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará) verificaram que há predomínio de águas cloretadas sódicas, com alguma variação, independentemente do nível de salinidade, dos locais e das fontes de origem. Moraes *et al.* (1998), avaliando a qualidade de água para irrigação em amostras analíticas do banco de dados do Departamento de Solos e Geologia da ESAM (Escola Superior de Agricultura de Mossoró), observaram que 47% e 19% das

amostras apresentaram restrição ao uso agrícola, ligeira a moderada e restrição severa, respectivamente.

O excesso de sais no solo reduz a disponibilidade de água para as plantas, além de trazer problemas pelo efeito de íons tóxicos específicos, afetando o rendimento e a qualidade das culturas.

O meloeiro, feijoeiro, milho, sorgo e pimentão são culturas exigentes em temperaturas noturnas e diurnas elevadas durante todo o ciclo, pois altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar elevam consideravelmente a qualidade dos frutos, tornando-os mais consistentes e com maior vida útil pós-colheita. Essas culturas são amplamente cultivadas no Estado do Rio Grande do Norte, apresentando, no caso do melão grande importância econômica para exportação e as demais para agricultura familiar e produção para o consumo interno.

A mistura de água com elevada concentração de sais com água de boa qualidade, apesar de não ser uma prática comum no semiárido nordestino, vem sendo uma alternativa para melhorar a qualidade e aumentar a disponibilidade de água nessas regiões, principalmente nas áreas em que as águas apresentam elevados teores de sais. Assim, além de aumentar o volume de água disponível por área, reduz o valor da RAS e da CE das águas diluídas, influenciando diretamente na redução do risco de sodificação e salinização nos solos e, consequentemente, no percentual de emergência de plântulas e no desenvolvimento das plantas. Neste caso, a utilização destas águas fica condicionada a tolerância das culturas à salinidade e ao manejo da irrigação com vistas ao controle da salinização destas áreas.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação no solo e no desempenho das plantas de melão, feijão caupi, milho, sorgo e pimentão, cultivadas em solos do Agropólo Mossoró-Assu.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Estudar a evolução da salinidade do solo quando irrigados com água de diferentes níveis salinos;
- b) Avaliar a influência da salinidade em diferentes tipos de solos sobre o comportamento de diferentes culturas;
- c) Avaliar o efeito da salinidade e do solo na nutrição das plantas de melão, feijão, milho, sorgo e pimentão.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 AGROPÓLO MOSSORÓ-ASSU

O Agropólo Mossoró-Assu é a principal região produtora de frutas, hortaliças e grãos da região Semiárida do Estado do Rio Grande do Norte, abrangendo parte ou o total da área de 18 municípios, onde se pratica agricultura de sequeiro e, principalmente, agricultura irrigada. Esta região é banhada por duas das maiores bacias hidrográficas do Estado do Rio grande do Norte (Rio Apodi-Mossoró e Rio Piranhas-Açu) e ainda possui grandes volumes de água subterrânea nos aquíferos calcário (águas de média e de alta salinidade) com cerca de 100 m de profundidade e arenito-açu (água de baixa salinidade), com profundidade média de 1000 m. De acordo com Medeiros, Lisboa e Oliveira (2003) os tipos de poços mais utilizados na região são os que exploram o aquífero calcário, pelo baixo custo de investimento, de manutenção e captação, porém essas águas apresentam concentração de sais relativamente elevada, podendo ser superior a 2000 mg L^{-1} ($\text{CE} = 3,0 \text{ dS m}^{-1}$). Além do menor custo de captação, as águas do calcário Jandaíra tem como vantagem o reabastecimento rápido do lençol no período das chuvas por estar mais próximo a superfície, o que permite receber uma recarga média anual equivalente a uma vazão $160 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$, porém depende do regime pluviométrico do período, já no arenito Açu a recarga é de apenas $5 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ (REBOUÇAS, 1967), e ainda devido sua qualidade é usado no consumo humano. Neste caso, a utilização dessa fonte água salina fica condicionada à tolerância das culturas à salinidade, ao sistema de irrigação adotado e ao manejo empregado, que deverá ter como objetivo monitorar e controlar a salinização do solo.

O principal fator de que tem levado a utilização das águas do aquífero do calcário está relacionado ao menor custo de perfuração, o qual é realizado por pequenas empresas locais, com custo de manutenção e bombeamento acessíveis aos pequenos produtores. Por outro lado, os poços do Arenito Açu, geralmente são

perfurados por empresas multinacionais do ramo petrolífero, custando cerca de 20 vezes o valor da perfuração no aquífero Calcário.

A grande abundância de água na região permite a prática da irrigação, mas em algumas áreas irrigadas tem sido constatados problemas de salinização dos solos e perda de rendimento das culturas associados ao manejo inadequado do solo, da água e da planta. Embora esses problemas sejam mais evidentes em solos argilosos, com drenagem restrita e que possuem argila de atividade alta, até então essas particularidades não tem sido devidamente consideradas pelos agricultores, técnicos e alguns pesquisadores da região. Geralmente se utiliza qualquer tipo de água e o mesmo manejo de água, independente do tipo de solo e de cultura.

Os materiais de origem dos solos da Chapada do Apodi são de natureza sedimentar, compostos principalmente por calcário, arenito, sedimentos do grupo barreiras e sedimentos aluviais (DIÓGENES, 2012). Isso leva a formação de solos com ampla variação de características químicas, físicas, mineralógicas e morfológicas, sendo que os solos mais comuns na região são os Cambissolos, Neossolos Litólicos, Chernossolos Rêndzicos, Neossolos Flúvicos, Vertissolos, Argissolos e Latossolos (BRASIL, 1971; ERNESTO SOBRINHO, 1980). Acredita-se que a textura e a mineralogia dos solos são características que devem ser consideradas no estabelecimento do manejo adequado de água e de planta na agricultura irrigada da região.

Apesar da disponibilidade de tecnologia na região do agropólo Mossoró-Assu, com utilização de material de irrigação de excelente qualidade, geralmente importado de Israel, verifica-se que os projetos de irrigação apresentam baixa uniformidade, em alguns casos abaixo de 70%, aumentando o consumo de água (PEREIRA, 2010). Um aspecto que pode contribuir para redução no consumo de água para agricultura, tornando a irrigação mais tecnificada seria a utilização dos cálculos de Kc, lâmina de lixiviação, além do monitoramento direto e indireto da umidade de água no solo.

3.2 QUALIDADE DA ÁGUA PARA AGRICULTURA

A variação na composição e qualidade de água destinadas a irrigação depende da zona climática, fonte de água, trajeto percorrido, época do ano, geologia da região e desenvolvimento da irrigação (SHALHEVET; KAMBUROV, 1976). Geralmente águas de zonas úmidas apresentam menor teor de sais do que as de zonas áridas; águas subterrâneas são mais salinas do que as de rios e estas, próximo da foz, contém mais sais do que às próximas à nascente; a concentração de sais nas águas de rios varia com as estações do ano, sendo maior no outono que na primavera (SOUSA, 2006).

O Semiárido apresenta algumas áreas propícias aos processos acúmulo de sais. As fontes de água existentes representam um importante insumo para agricultura na região, no entanto sua qualidade varia no tempo e no espaço. Observa-se que no período de estiagem a água de poços, açudes e outras fontes têm sua concentração salina elevada. Devido às elevadas temperaturas, a evapotranspiração das culturas é maior, exigindo um maior suprimento de água.

Na avaliação da qualidade de água para agricultura, três parâmetros importantes devem ser levados em consideração: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons. O efeito da salinidade é de natureza osmótica podendo afetar diretamente o rendimento das culturas. A sodicidade refere-se ao efeito relativo do sódio da água de irrigação tendendo a elevar a percentagem de sódio trocável no solo (PST), com danos nas propriedades físico-químicas, provocando problemas de infiltração. Valores altos da PST, especialmente em condições de baixa salinidade, causam dispersão de partículas, com redução na condutividade hidráulica do solo. A razão de adsorção de sódio (RAS) da água de irrigação é o parâmetro de melhor correlação com a PST do solo. Alguns íons constituem parâmetros importantes pela toxicidade que podem causar às plantas. Íons cloreto, sódio e boro, quando presentes em concentrações elevadas na água, podem causar danos às culturas, afetando sua produção (EMBRAPA, 2010).

Em muitos locais, a água de boa qualidade pode não ser suficiente para manutenção da agricultura irrigada, ou tem seu custo elevado, como as águas do

Arenito Açu, conforme discutido no tópico anterior. Por outro lado, a maioria das águas da Chapada do Apodi são classificadas como salinas e com pouco risco de sodicidade (MAIA *et al.*, 1997).

O uso intensivo de águas salobras, associados ao manejo inadequado de fertilizantes, como aplicação excessiva de adubos com índice de salino elevado poderá acarretar acúmulo de sais na zona radicular, sendo que em alguns casos é necessário retirar parte dos sais através da lixiviação para evitar a salinização do solo, que quando em excesso apresentam efeitos deletérios no crescimento das plantas, (HOLANDA, 2010).

A principal classificação de água para irrigação, e a mais recomendada, baseia-se em três critérios: o primeiro, utilizando a CE da água, está relacionado ao risco de salinização; o segundo critério, está relacionado ao risco de sodicidade ou problema de estrutura dos agregados e infiltração de água no solo; e o terceiro refere-se aos riscos de toxicidade por íons específicos (AYERS; WESTCOT, 1999).

Enquanto não se define uma classificação de água própria para as condições brasileiras levando em consideração a água, solo, planta e clima e aplicabilidade para os diferentes níveis tecnológicos aplicados, em relação ao manejo de irrigação, a classificação mais utilizada é a proposta pelo UCCC (University of Califórnia Committee of Consultants), citado por Ayers e Westcot (1999) e Pizzaro (1985) e a do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (RICHARDS, 1954). Para classificação quanto o risco de infiltração e a toxidade iônica, as diretrizes apresentada por Ayers e Westcot (1999) são mais adequadas.

Silva Junior *et al.* (1999) estudando a composição iônica do cristalino do Nordeste brasileiro (estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará) verificaram que há predomínio de águas cloretadas sódicas, com alguma variação, independentemente do nível de salinidade, dos locais e das fontes de origem. Moraes *et al.* (1998) avaliando a qualidade de água para irrigação em amostras analíticas do banco de dados do Departamento de Solos e Geologia da ESAM (Escola Superior de Agricultura de Mossoró), observaram que 47% e 19% das

amostras apresentaram, respectivamente, restrição de ligeira a moderada e restrição severa ao uso agrícola.

Na região produtora de melão localizada na chapada do Apodi, as águas subterrâneas de origem calcárias (poços rasos) apresentam condutividade elétrica elevada, altos níveis de cloretos, baixa sodicidade e alcalinidade elevada (MEDEIROS, LISBOA e OLIVEIRA, 2003).

Em torno de 70% das fontes de água do Nordeste são de boa qualidade para irrigação com baixa ou média salinidade (HOLANDA *et al.*, 2010), diferentemente dos valores da chapada do Apodi, onde cerca de 60% das fontes são oferecem risco de salinização, entretanto em regiões que utilizam água de boa qualidade, como nos perímetros irrigados, estima-se que 25 a 30% dessas áreas tenham algum problema de salinidade, porém esses problemas estão relacionados ao manejo inadequado do sistema solo-água-planta.

A mistura de água com elevadas concentrações de sais com água de boa qualidade, apesar de não ser uma prática comum no Semiárido Nordestino, vem sendo uma alternativa para melhorar a qualidade e aumentar a disponibilidade de água nessas regiões, principalmente nas áreas em que as águas apresentam elevados teores de sais. Assim, além de aumentar o volume de água disponível por área, reduz o valor da RAS e da CE das águas diluídas, influenciando diretamente na redução do risco de sodificação e salinização nos solos, influenciando diretamente no percentual de emergência de plântulas e no desenvolvimento das plantas.

Maia, Morais e Oliveira (2001), estudando a composição iônica das águas utilizadas na irrigação no agropólo Mossoró-Assu, verificaram que águas do perímetro irrigado do Baixo Açu foram classificadas como sódica, magnesiânica-sódica e sódica para as fontes poço tubular, poço amazonas e rio, respectivamente e as águas da Chapada do Apodi foram classificadas como cálcica-sódica, cálcica e cloretada para as fontes poço tubular, poço amazonas e rio, respectivamente.

Silva Júnior, Gheyi e Medeiros (1999), em estudo sobre a composição química de águas do cristalino do Nordeste brasileiro, observaram a predominância de águas cloretadas sódicas, independente do nível de salinidade e dos locais das

fontes de origem e baixos níveis de sulfato, carbonato e potássio. Os teores de cloreto podem atingir valores superiores a 80% do total de ânions presentes nas águas com níveis de salinidade elevados ($CEa > 3000 \mu S \text{ cm}^{-1}$), e águas com baixa salinidade ($CEa < 750 \mu S \text{ cm}^{-1}$) podem ter concentrações de bicarbonato muito próximas ou superiores as de cloreto (SILVA JÚNIOR, GHEYI e MEDEIROS, 1999).

Oliveira e Maia (1998), a partir da análise de 600 amostras de água de diversos aquíferos de origem sedimentares do Rio Grande do Norte, mostraram que a maior incidência com problemas de salinidade, expressa pela sua elevada condutividade elétrica e sodicidade, ocorreu nas amostras provenientes dos poços que exploram os recursos do calcário Jandaíra ou dos aquíferos abastecidos diretamente pelo lençol freático. Mostraram, ainda, que na área sedimentar do Rio Grande do Norte, águas salinas com $CE \geq 3 \text{ dS m}^{-1}$, provêm, proporcionalmente, de poços tubulares 27%; poços amazonas (cacimbas) 16% e de mananciais livres (açudes, rios e riachos) 21%.

3.3 SALINIZAÇÃO DO SOLO

A degradação de solos pela salinização tem-se tornado um problema cada vez mais frequente em regiões áridas, onde a reduzida precipitação não é suficiente para promover a lixiviação e retirada dos sais. A predominância de sódio em relação aos demais cátions no complexo de troca pode promover a dispersão e migração dos colóides no perfil do solo, com obstrução de poros, e reduzindo a movimentação de ar e água, dificultando o crescimento dos vegetais (FREIRE *et al.*, 2003a).

O acúmulo de sais no solo depende da qualidade da água de irrigação, das propriedades físicas do solo e, sobretudo, das condições de drenagem e do balanço de água e de sais no subsolo (DIAS *et al.*, 2005).

A drenagem restrita é um fator que geralmente contribui para salinização dos solos, podendo envolver a presença de elevadas quantidades da água subterrânea ou de uma baixa permeabilidade do solo.

Considera-se um solo salino quando sua condutividade elétrica no extrato de saturação é maior que 4 dS m^{-1} , sendo reconhecido facilmente pela presença de crostas brancas na superfície. As características químicas dos solos classificados como salinos são determinados principalmente pelos tipos e pelas quantidades de sais presente (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992).

A adequabilidade dos solos para agricultura depende em grande parte de sua condutividade à água e ao ar e de suas propriedades relacionadas ao controle de fertilidade. Permeabilidade e condutividade hidráulica inadequada são os principais problemas em áreas irrigadas, pois, ao contrário de solos salinos, os solos sódicos podem ter a permeabilidade fortemente reduzida e ser de difícil preparação, porque certas reações físico-químicas associadas, em grande parte, a fração coloidal do solo, são manifestadas, principalmente, pela desestruturação dos agregados e dispersão dos argilo-minerais (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992).

Para se entender como as fracas propriedades físicas dos solos sódicos são desenvolvidas, é preciso observar os mecanismos vinculados, envolvendo as argilas coloidais do solo carregadas negativamente, a matéria orgânica do solo e a camada de cátions adsorvidos, associada eletrostaticamente ao redor dos colóides e o modo como o sódio trocável, a concentração eletrolítica e o pH afetam esta associação. Os cátions estão sujeitos a dois processos opostos: a) são atraídos pelas forças eletrostáticas das superfícies da argila e da matéria orgânica, negativamente carregada; b) tendem a difundir-se para longe dessas superfícies, onde sua concentração é alta, para o volume da solução onde sua concentração é geralmente mais baixa. Os dois processos resultam em uma queda aproximadamente exponencial da concentração dos cátions no sentido das superfícies argilosas ao volume da solução. Cátions divalentes, como cálcio, são atraídos pela superfície carregada negativamente, com força duas vezes maior que a dos cátions monovalentes como o sódio. Deste modo, a camada é igualmente comprimida por aumento da concentração eletrolítica da solução, já que a tendência do cátion em difundir-se para longe diminui com a redução do gradiente de concentração (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992).

Os agregados do solo são diminuídos quando a camada de cátions se expande (com relação à superfície da partícula) e aumentam quando ela é comprimida. As cargas eletrostáticas de mesmo sinal, que se repelem umas as outras, e as cargas eletrostáticas de sinais opostos, que se atraem mutuamente, têm efeitos relativamente abrangentes. Por outro lado, as forças adesivas, chamadas forças de van der Waals e as ligações químicas envolvidas nas associações interpartícula que unem tais unidades em microagregados, são forças de curto alcance. Quanto maior, compressão da camada de cátions contra a superfície da partícula, menor a sobreposição das camadas e menor a repulsão entre as partículas adjacentes para determinada distância. Consequentemente, as partículas podem aproximar-se uma das outras mais intimamente, a ponto de permitir que as forças adesivas predominem e se formem agregados (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992).

O fenômeno da repulsão entre as partículas causa embebição da solução do solo entre elas (dispersão). Pelo fato das partículas de argila serem de formato laminar e tenderem a se arranjar em orientações paralelas, a dispersão reduz as dimensões do espaço poroso entre os agregados e, portanto, a permeabilidade. A dispersão é primariamente importante em solos que contêm quantidades de substâncias minerais filossilicatados de argila com camadas expansivas (esmectitas e montmorilonitas) nos quais a PST excede cerca de 15%. A razão para isso é que, nesses minerais, os íons de sódio na solução do solo são primeiramente atraídos para a superfície externa das placas de argilas. Só após a neutralização total das cargas externas, os íons sódio ocupam o espaço entre as plaquetas paralelas das partículas orientadas e associadas da argila dos microagregados, onde eles criam as forças de repulsão entre plaquetas adjacentes que originaram a expansão (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992).

A dispersão e a desestruturação do solo podem ocorrer mesmo em condições de baixos valores de PST (<15), desde que, a concentração eletrolítica seja suficientemente baixa. A reunião de agregados resulta em mais espaço poroso que o de partículas individuais ou de microagregados; portanto, a permeabilidade e a friabilidade são melhores em condições de solo agregado.

Assim, soluções do solo compostas de altas concentrações de solutos ou com predominância de sais de cálcio e magnésio, proporcionam aos solos boas propriedades físicas. Reciprocamente, baixas concentrações de sais e proporções relativamente altas de sais de sódio afetam drasticamente a permeabilidade e condutividade hidráulica, enquanto o alto valor de pH (>8) também afetam adversamente essas características, porque aumenta a quantidade de cargas negativas da argila e da matéria orgânica e, ainda, as forças repulsivas entre elas (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992).

Durante a infiltração, a solução do solo na camada superior é essencialmente a da água de infiltração e percentagem de sódio trocável é semelhante à preexistente no solo. Em virtude de toda a água que entra no solo passar através da superfície do mesmo, por estar mais sujeito a perdas por agregação, as propriedades da camada superior do solo controlam grandemente a velocidade de infiltração da água; estas observações, tomadas juntamente com o conhecimento dos efeitos dos processos distribuídos acima, explicam por que problemas de permeabilidade e condutividade hidráulica devem ser avaliados em termos tanto de salinidade da água infiltrada como da percentagem de sódio trocável (ou seu valor equivale a RAS) e do pH da camada superior do solo (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992).

Decréscimos na velocidade de infiltração (VI) do solo geralmente ocorrem na época de irrigação, por causa da gradual deterioração da estrutura e formação de um lacre superficial (arranjo horizontal em camadas das partículas de solo) como consequência de sucessivas irrigações (sedimentações, eventos de molhamento e secamento). A VI é ainda mais sensível ao sódio trocável, a concentração eletrolítica e ao pH, que a condutividade hidráulica, o que se deve a expressiva vulnerabilidade da camada superior do solo às forças mecânicas, as quais aumentam a dispersão das argilas, a desestruturação dos agregados e o movimento da argila desagregada no solo próximo à superfície e também a baixa concentração eletrolítica que, geralmente, existe aí, em particular sob condições de chuva. As crostas, devido à deposição, frequentemente ocorrem em sulcos irrigados onde

partículas de solo, suspensa na água, são depositadas quando a vazão da água é baixa ou quando a água se infiltra (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992).

Em solos de regiões áridas o uso de equações de troca de cátions para mostrar a relação entre cátions em solução e cátions adsorvidos, envolve dificuldades próprias, em decorrência da mistura de tipos diferentes de argila no solo, além da presença de quatro espécies de cátions. Nas décadas de trinta e quarenta alguns autores (GAPON; MATTSON; WIKLANDER; DAVIS; SHOFIELD) mostraram que a função entre a relação de cátions adsorvidos monovalente e bivalente, com a relação entre a concentração molar do cátion monovalente pela raiz quadrada da concentração molar do cátion bivalente é linear (RHOADES, KANDIAH; MASHALI, 1992).

3.4 EFEITOS DOS SAIS NAS PLANTAS

O processo de salinidade na zona radicular tem, geralmente, efeito deletério no crescimento das plantas, manifestando como redução equivalente nas taxas de transpiração e de crescimento (incluindo-se expansão celular, síntese de metabólitos e componentes estruturais). Este efeito está relacionado, acima de tudo, à concentração eletrolítica, e independe da composição específica do soluto. A hipótese que melhor parece adequar-se às observações é que a salinidade excessiva reduz o crescimento da planta, por causar aumento no dispêndio de energia para absorver água do solo e realizar processos bioquímicos necessários para sobreviver em condições de estresse. Esta energia é desviada dos processos que conduzem ao crescimento e à produção (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992).

As plantas podem ser classificadas desde tolerantes a sensível à salinidade. Em alguns casos, podem ser denominadas de halófitas, pois são capazes de absorver sais estabelecendo um equilíbrio osmótico de modo que não haja interferência com o mecanismo enzimático, metabólico e hidratação (LAUCHI; EPSTEIN, 1984). As plantas sensíveis à salinidade tende geralmente a excluir os sais na absorção da solução do solo, sendo assim limitadas quanto ao ajuste

osmótico. A consequência disso é estresse osmótico, fazendo com que as células fiquem menos túrgidas (BARROS, 2002).

A supressão do crescimento é iniciada, tipicamente, para algum valor limiar de salinidade, que varia com a tolerância da cultura e fatores ambientais externos que tem influência sobre a necessidade de água da planta, em especial a demanda evaporativa da atmosfera (temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento etc.) e o suprimento potencial da zona radicular. Esta supressão aumenta conforme aumenta também a salinidade, até a morte das plantas. A tolerância de várias culturas a salinidade é convencionalmente expressa (MAAS; HOFFMAN, 1977) em termos de rendimento relativo (Y_r), valor de salinidade limiar (a) e decréscimos pontuais de produção (b) por unidade de aumento da salinidade acima da salinidade limiar onde a salinidade do solo é expressa em termos de CE_e , em $dS\ m^{-1}$, como segue: $Y_r = 100 - b(CE_e - a)$, onde Y_r é o percentual de rendimento esperado sob condições salinas, relativo ao obtido sob condições não salinas, mantidas comparáveis às demais condições. Este uso da CE_e para expressar efeito da salinidade na produção, implica no fato de que as plantas respondem primariamente ao potencial osmótico da solução do solo (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992).

É importante considerar que tais dados de tolerância aos sais não podem fornecer, com precisão, as perdas de produtividade quantitativas em função da salinidade, para todas as situações, uma vez que a resposta das plantas à salinidade varia com outras condições de crescimento, como condições climáticas e de solo, manejo agrônômico e de irrigação, variedade da cultura, estágio de crescimento, etc. O clima é o fator que mais afeta a tolerância aos sais; muitas culturas podem tolerar grande estresse salino se o tempo for frio e úmido, em vez de quente e seco. A produção é mais reduzida por efeito da salinidade quando a umidade da atmosfera é baixa (RHOADES, KANDIAH; MASHALI, 1992).

As plantas são, em geral, relativamente tolerantes à salinidade durante a germinação, mas se tornam mais sensíveis durante a emergência e no estágio inicial de crescimento. Observa-se nas Tabelas 1 e 2, exemplos de tolerância à salinidade por algumas culturas.

Tabela 1. Tolerância relativa de diferentes culturas à salinidade na emergência e durante o crescimento e maturação (Maas, 1986)

Culturas		Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação do Solo	
Nome Comum	Nome científico	50 % rendimentos dSm ⁻¹	50 % Emergência ¹ dSm ⁻¹
Feijão Caupi	<i>Vigna unguiculata</i>	9,1	16
Milho	<i>Zea mays</i>	5,9	21-24
Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i>	15	13

¹Percentagem de emergência dos tratamentos salinos determinados quando os tratamentos não salinos atingiram a emergência máxima.

Tabela 2. Tolerância das culturas herbáceas à salinidade (Maas, 1986)

Cultura		Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação do Solo		Classe
Nome Comum	Nome científico	Limiar ³ dSm ⁻¹	Inclinação % dSm ⁻¹	
Melão	<i>Cucumis melo</i>	1,0	6,4	MS*
Feijão caupi	<i>Vigna unguiculata</i>	4,9	12,0	MT*
Milho	<i>Zea mays</i>	1,7	12,0	MS
Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i>	6,8	16,0	MT
Pimentão	<i>Capsicum annuum</i>	1,5	14,1	MS

*MT= moderadamente tolerante, MS= moderadamente sensível. Dados referentes à culturas irrigadas por métodos de superfície (sulco e inundação) e manejo convencional de irrigação.

Diferenças significativas na tolerância aos sais ocorrem entre variedades de algumas espécies, embora esta questão seja confusa por causa das diferentes condições climáticas ou nutricionais, sob as quais, as culturas foram testadas e a possibilidade de melhor adaptação varietal a estas condições. A tolerância aos sais também depende do tipo, método e da frequência de irrigação. À medida que o solo seca, ocorre um estresse matricial e osmótico, limitando a absorção de água. As plantas respondem a salinidade naquela parte da zona radicular onde ocorre maior absorção de água. Assim, a tolerância ser relacionada à salinidade ponderada

durante certo período e medida onde as raízes absorvem maior quantidade água (RHOADES, KANDIAH; MASHALI, 1992).

Também podem ocorrer sintomas visíveis subitamente após irrigações, quando o tempo está quente e seco. Dessa forma, aumento na frequência de irrigação por aspersão, juntamente com o aumento da temperatura e da evaporação, conduz a acréscimos na concentração de sais nas folhas e danos foliares.

Em culturas herbáceas, o efeito principal da salinidade é o retardamento do crescimento, porque certos constituintes salinos são especificamente tóxicos para algumas culturas. O boro é um deles, e quando presente na solução do solo em concentrações de poucos mg L^{-1} , é altamente tóxico para culturas susceptíveis. Para algumas culturas, especialmente arbóreas e perenes, o sódio e o cloreto podem acumular-se nos tecidos ao longo do tempo até atingirem níveis tóxicos, com consequente queima das folhas. Geralmente estas plantas também são sensíveis à salinidade tornando difícil separar os dois efeitos.

Aumentos na salinidade podem provocar perdas na produção e qualidade de frutos, hortaliças e grãos, com mudanças no tamanho, cor, aparência e composição química.

3.4.1 Efeito dos Sais sobre a cultura do meloeiro

A cultura do melão é classificada por Ayers e Westcot (1991), como moderadamente sensível à salinidade, apresentando baixos rendimentos em determinadas épocas do ano, quando ocorre maior acúmulo de sais nos lençóis freáticos e nos açudes. Feigin (1990) estudando respostas de plantas de melão tipo Gália, em condições salinas ($9,0 \text{ dSm}^{-1}$) e não salina ($1,5 \text{ dSm}^{-1}$) em solução nutritiva, observou redução significativa no peso da matéria seca. Chartozoulakis (1992), informa que valores acima de 5 dSm^{-1} normalmente causam redução na velocidade de germinação. Para Sivritepe *et al.* (2003), as elevadas concentrações de sais no solo e na água ocasionam modificações morfológicas, estruturais e metabólicas em plântulas de melão, inibem o seu crescimento e desenvolvimento, reduzindo a porcentagem de massa seca nas plantas, no tamanho dos frutos e

rendimento (MENDLINGER; FOSSEN, 1993). Já Meiri *et al.* (1981) observaram que o aumento da salinidade reduziu o tamanho dos frutos, acelerando o amadurecimento. Segundo esses autores, o melão apresenta uma grande variação no nível de tolerância à salinidade, variando, tanto entre cultivares, quanto nas condições ambientais e de manejo. Para Pizarro (1990), em média o melão apresenta uma salinidade limiar igual a $2,2 \text{ dSm}^{-1}$ e um declínio de produção por unidade acrescida na condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de $7,25 \text{ dSm}^{-1}$. Portanto, verifica-se que, em geral, a salinização afeta negativamente a germinação, o estande de plantas, o desenvolvimento vegetativo das culturas, a produtividade e, nos casos mais graves, causa morte das plântulas (SILVA e PRUSKI, 1997).

Silva *et al.* (2005), estudando a produtividade de frutos do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, mostraram que a produtividade total sofreu redução com o aumento do nível de salinidade da água, o que é comum para quase todas as culturas.

Como o meloeiro apresenta tolerância moderada à salinidade, irrigação com água de salinidade alta (até $2,5 \text{ dS m}^{-1}$), desde que bem manejada e em solo com boa drenagem, pode produzir frutos mais doces, com alto teor de sólidos solúveis e sem produzir reduções significativas na produtividade (CUENCA, 1989). Todavia, durante a fase de crescimento inicial, a planta é mais sensível à salinidade e há evidências que salinidade elevada do solo durante o período de floração pode reduzir o número de frutos pegados (CUENCA, 1989).

Há a necessidade de desenvolver cultivares de melão com tolerância a sais, devido ao aumento da salinidade nos solos (SIVITREPE *et al.*, 2003). Em condições de Semiárido, onde há um aumento constante da salinidade dos solos devido às águas usadas na irrigação, necessita-se de cultivares de melão que possam produzir com viabilidade econômica suprimindo crescente demanda por esse fruto.

3.4.2 Efeito da salinidade sobre a cultura do Feijão caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. (Walp.)) é uma espécie bem adaptada às condições do semiárido onde frequentemente prevalecem condições adversas de seca, salinidade, temperaturas elevadas e alta insolação. Esses fatores de estresse interagem entre si, determinando respostas complexas na planta (RIBEIRO, 2002).

Esta leguminosa é um dos principais componentes da dieta alimentar da população nordestina, cujos grãos são de alto valor nutricional, devido ao seu elevado teor protéico (LIMA *et al.* 2007).

De acordo com os dados obtidos pela FAO, o feijão-de-corda tolera a irrigação com água salina com condutividade elétrica de até 3,3 dS m⁻¹ (AYERS e WESTCOT, 1999), sendo considerada então como uma espécie moderadamente tolerante à salinidade, no entanto, Dantas *et al.* (2002) afirmam que o grau de tolerância do caupi ao estresse salino varia entre genótipos.

Trabalhando com a cultivar Epace 10 de feijão caupi, Assis Júnior *et al.* (2007) verificaram que a redução na produtividade ocasionada pela salinidade deveu-se, em parte, às reduções no crescimento vegetativo e na assimilação líquida de carbono, durante as fases de floração e frutificação, associadas aos efeitos osmóticos e ao acúmulo de íons potencialmente tóxicos (Na⁺ e Cl⁻) nos tecidos foliares.

Testando a tolerância à salinidade da cultivar *Quarentinha* de feijão caupi, Lima (2007) verificaram que a matéria seca da parte aérea da planta decresceu linearmente à medida que se aumentou a salinidade da água de irrigação, alcançando uma redução de 66,94% no maior nível salino (5,0 dS m⁻¹) em relação a testemunha (0,5 dS m⁻¹).

Na avaliação do crescimento de três cultivares de feijão vigna submetidos a estresses salinos de 2 e 10 dS m⁻¹, Patel . (2010) constataram que houve redução na biomassa seca da parte aérea da planta com o aumento nos níveis de salinidade, da ordem de 33, 39 e 43%, para as cultivares Akshay-102, Gomtivu-89 e Pusa Falguni, respectivamente.

Alguns estudos têm demonstrado que o uso de biofertilizantes em ambientes salinos pode atenuar parcialmente os efeitos da salinidade sobre o crescimento das plantas (BEZERRA *et al*, 2010; CAVALCANTE, 2010; OULD AHMED e MORITANI, 2010). A importância do uso de biofertilizantes líquidos na forma de fermentados microbianos simples ou enriquecidos, está nos quantitativos dos elementos, na diversidade dos nutrientes minerais e na disponibilização de nutrientes pela atividade biológica (ALVES, 2009).

3.4.3 Efeito da salinidade sobre a cultura do Milho

Segundo Ayers (1991), o milho doce e milho forrageiro estão classificados em moderadamente sensíveis a salinidade da água de irrigação, uma vez que para esta cultura alcançar 100% de produção a condutividade elétrica (CE) em solo deve ser de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ e CE em água de $1,1 \text{ dS m}^{-1}$; para se obter 0% de produção a CE em solo deve chegar a $10,0 \text{ dS m}^{-1}$ e em água $6,2 \text{ dS m}^{-1}$.

Ao avaliar o desenvolvimento inicial do milho pipoca ‘híbrido Zélia’ irrigado com diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, Oliveira (2009) constataram que o incremento da salinidade da água inibiu o diâmetro do caule e o número de folhas emitidas das plantas. Nesta mesma espécie, Garcia (2007), Blanco (2008) e Gondim (2011), observaram que o estresse salino afetou o conteúdo de matéria seca da parte aérea e das raízes; enquanto Sousa (2010) no híbrido AG 1051 obtiveram reduções na acumulação da biomassa das partes vegetativas (folha + colmo).

Garcia *et al*, (2007) verificou que o aumento da salinidade do solo decorrente da irrigação com água salina elevou os teores de sódio, as relações $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$, Na^+/K^+ e reduziu os teores de cálcio, magnésio e potássio, refletindo dessa forma, o desequilíbrio nutricional causado pelo estresse nutricional consequente do estresse salino progressivo.

3.4.4 Efeito da salinidade sobre a cultura do Sorgo

De acordo com Taylor (1975) e Fançois . (1984) a cultura do sorgo tem reconhecida capacidade de se adaptar a solos com problemas de salinidade. De acordo com Ayres e Westcot (1999), o sorgo, apresenta tolerância moderada ao estresse salino, podendo se constituir uma alternativa para cultivos em que se utilizem recursos salinos, o que é justificado por suas características bromatológicas que, à semelhança do milho, possibilitam fermentação adequada e consequente armazenamento sob forma de silagem, pelos teores elevados de carboidratos solúveis e, até mesmo, de proteína bruta, em algumas variedades, e por suas características agrônômicas que, entre outras, incluem moderada resistência à seca (TABOSA, 2002) e elevada produtividade de biomassa (OLIVEIRA, 1983).

Seleções de materiais genéticos de sorgo forrageiro, visando à tolerância à salinidade, têm sido feitas quanto a sua adaptabilidade em condições salinas no campo (FERNANDES, 1994), ao crescimento de plantas em solução nutritiva em casa de vegetação (SILVA, 2003) e ao crescimento foliar de plantas cultivadas em solução nutritiva em condições controladas (LACERDA, 2003).

Em experimento avaliando cultivares de sorgo forrageiro em solos afetados por sais no Estado do Rio Grande do Norte verificou-se que as cultivares se comportam de forma semelhante em condições de baixa salinidade nos municípios de Mossoró e Ipanguaçu, no entanto, quanto submetido a condições de alta salinidade como em Apodi, há diferença entre os cultivares em termos de acúmulo de massa seca, com destaque IPA 1218. A produção média anual de massa verde mostrou uma tendência declinante ao longo dos anos de cultivo (FERNANDES, 1994).

3.4.5. Efeito da salinidade sobre a cultura do Pimentão

A cultura do pimentão se caracteriza por ser moderadamente sensível à salinidade (MAAS, 1986). Sob condições de estresse salino, a coloração das folhas

de pimentão (*Capsicum annuum* L.) pode se tornar verde-azulada escura, com maior espessura e cerosidade; nas raízes pode haver diminuição do alongamento e suberização, o que afeta a absorção de água e nutrientes, com a consequente redução da produtividade (CRUCIANI, 1987).

Leonardo (2007), observaram que os níveis de salinidade da água de irrigação correlacionaram-se inversamente ao índice de pegamento e peso médio dos frutos de pimentão. Para o tratamento com maior nível de salinidade (6 dS m⁻¹) os frutos apresentaram redução de até 58% no peso médio e 55% em número de frutos por planta, comparando com o tratamento controle, o que demonstrou que a CE na solução do solo interferiu drasticamente nos parâmetros de produção avaliados.

3.5 INFLUÊNCIA DA SALINIDADE NA NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS

A alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, haja vista apresentar atividade osmótica restando a água, além da ação de íons sobre o protoplasma e o impacto sobre a nutrição mineral das plantas (MUNNS, 2002). A salinidade afeta a nutrição mineral das culturas reduzindo a atividade dos íons em solução e alterando os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta. A interação entre salinidade e nutrição mineral se torna mais complexa em virtude das diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos (água e solo) aos quais as plantas são submetidas, e das diferentes respostas das plantas, tanto em relação à salinidade como em relação à eficiência na aquisição de minerais do solo (LACERDA, 2005). É possível sugerir, no entanto, que a predominância de determinados elementos minerais no ambiente radicular, como é comum em meios salinos, afeta direta ou indiretamente a aquisição de minerais essenciais podendo acarretar redução no crescimento e alterações na qualidade do produto vegetal (GRATTAN; GRIEVE, 1999; LACERDA, 2005).

Segundo Bataglia (1996), durante a fase inicial do período vegetativo, a taxa de absorção de nutriente é alta e, conseqüentemente, as concentrações no tecido também são altas. À medida que a planta cresce, há diluição, diminuindo a concentração de nutrientes no tecido. Assim, tecidos fisiologicamente jovens, em geral, apresentam concentrações mais elevadas. De forma geral, os teores de N, P e K decrescem com a idade da planta, enquanto os teores de Ca, Mg, Mn e B frequentemente aumentam; contudo, neste trabalho o Mg teve comportamento semelhante ao de N, P e K, ou seja, diluição a partir dos seis meses.

Observa-se que ainda existe carência na literatura de estudos que evidenciam a quantidade de elementos extraídos pelas culturas nos diferentes estádios de desenvolvimento sob estresse salino. As interações iônicas que afetam a disponibilidade, absorção e transporte de nutrientes, são altamente complexas, mesmo na ausência de salinidade e de outros estresses. A salinidade adiciona um novo nível de complexidade para a nutrição mineral das culturas, afetando a atividade dos íons em solução e os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição (NEVES, 2009).

3.6 PRÁTICAS DE REDUÇÃO DO EFEITO DA SALINIDADE

Em muitos casos, valores de condutividade elétrica do extrato de saturação acima de $0,7 \text{ dS m}^{-1}$, acarreta danos severos para uma extensa relação de plantas submetidas a regime de irrigação contínuo. Dessa forma, Ayers e Westcot (1999) destacam alguns procedimentos que podem ser utilizados para reduzir os problemas de salinidade, como: lixiviação dos sais, escolha do método de irrigação, drenagem subterrânea, adubação e manejo agrônômico.

A lâmina de lixiviação que controla a acumulação de sais na zona radicular das culturas irrigadas, depende da concentração salina da água, do método de aplicação, da precipitação pluviométrica e das características físicas e químicas do solo (PIZARRO, 1985). O nível de sais na zona radicular deve ficar abaixo do nível nocivo às plantas, assim, a quantidade de sais removidos deve ser igual ou

superior ao aplicado via irrigação, para evitar acumulação e concentração a níveis perigosos.

A escolha do método de irrigação afeta tanto a eficiência no uso da água quanto à salinidade do solo. No caso de irrigação por sulcos, os sais se acumulam no topo do sulco, assim, o semeio sendo realizado na rampa do mesmo favorece a formação de um bom estande de plantas. Por outro lado, a irrigação por gotejamento mantém um alto nível de umidade na zona radicular da planta, o que reduz o efeito dos sais na germinação e estabelecimento da plântula. Quando se utiliza água salina, os métodos de irrigação por gotejamento, sulcos, inundação e microaspersão apresentam melhores resultados do que a aspersão, visto que esse método pode acarretar acúmulo e toxidez de sais nas folhas de algumas espécies (SHARMA; MINHAS, 2005). Neste aspecto, o gotejamento, torna-se o melhor método de irrigação, visto que o potencial mátrico é mantido próximo de zero no ambiente radicular, o que reduz os efeitos osmóticos dos sais na planta, podendo ocorrer neste caso, um acúmulo de sais no solo em longo prazo.

A falta de adequada drenagem superficial e a presença de lençol freático pouco profundo, agravam os problemas de salinidade e complicam seu controle. Frequentemente, a presença de nível de lençol freático pouco profundo está associada à presença de solo de baixa permeabilidade, como camada de argila pesada ou a presença da rocha matriz. O excesso de água é derivado, frequentemente, de irrigações excessivas, de filtrações provenientes de terras mais elevadas e/ou de vazamento de águas dos canais. Ao se irrigar um solo com drenabilidade deficiente a nula e em regiões de baixa precipitação, este se torna salino em um período de tempo bastante curto, porque as plantas removem basicamente a água enquanto que a maior parte dos sais acaba sendo retidas. A forma mais eficaz de se controlar a salinidade resultante de lençóis freáticos pouco profundos é mediante um sistema de drenagem que permita rebaixar o nível das águas e mantê-lo estável a esta profundidade (LIMA JÚNIOR; SILVA, 2010).

Os fertilizantes naturais e químicos e os corretivos contêm concentrações altas sais solúveis. Quando são colocados nas proximidades das sementes ou plantas, esses produtos provocam ou intensificam os problemas de salinidade e/ou

toxicidade. As plantas, na fase inicial de desenvolvimento, são sensíveis a salinidade e requerem pouca fertilização; portanto, pode-se aplicar pequena quantidade de fertilizantes antes ou no momento da semeadura e o resto em uma ou mais aplicações, entre a emergência e a fase de crescimento vigoroso. Na adubação deve-se considerar a aplicação de fontes menos salinas. Elevados níveis de nutrientes em meios salinos e manutenção da absorção podem levar ao acúmulo de nutrientes nos tecidos, resultando em uma falta de ajuste entre aquisição e assimilação, acarretando em toxidez e intensificando os efeitos deletérios causados pela salinidade. Além das técnicas convencionais de adubação com fertilizantes minerais, o emprego de formas alternativas que favorecem a aquisição de nutrientes pela planta como aplicação de biofertilizantes líquidos, aporte de matéria orgânica e inoculação das raízes de plantas com fungos micorrízicos tem mostrado incremento no desenvolvimento e produtividade de algumas culturas (CAVALCANTE, 2010; SILVA, 2011).

Em relação ao manejo agrônômico, algumas práticas podem ser utilizadas para minimizar o efeito da salinidade. A aração ou subsolagem pode redistribuir os sais no perfil do solo, de forma que camadas de solo pouco permeável que impede o movimento de água através da zona radicular pode ser distribuída, no entanto, essa prática tem efeito temporário. A aplicação de esterco e resíduos de colheitas no solo favorece a estruturação do solo e melhoram a infiltração da água. Os resíduos podem ser deixados como cobertura na superfície ou incorporados. O uso de mulch para diversas olerícolas é uma prática importante, controlando o balanço da radiação e proporciona maior desenvolvimento vegetativo e produtivo, redução de danos à casca do fruto, controla boa parte das plantas daninhas e ainda aumenta a tolerância ao uso da água com elevada salinidade (NASCIMENTO *et al*, 2000). O mulch, por eliminar a evaporação da superfície do solo, permite à planta absorver a água desta camada, região de menor concentração salina, e isto melhora a absorção dos fertilizantes aplicados na fertirrigação, pois é aonde chega primeiro, juntamente com a água de irrigação. Os efeitos também são temporários, necessitando de repetição periodicamente.

O acúmulo de sais durante a irrigação das culturas na estação seca pode ser revertida total ou parcialmente, durante o período chuvoso, sendo que esse processo dependerá da intensidade das precipitações e das características físicas do solo (SHARMA; RAO, 1998). É importante destacar, que nas condições de semiárido o total de chuvas pode ser insuficiente para lavagem dos sais no solo (MEIRELES *et al.*, 2003). Além disso, recomenda-se o uso de condicionadores de químicos de forma preventiva, sempre que se utilizam águas ricas em sódio, no sentido de aumentar a eficiência do processo de lixiviação desse íon e reduzir seu impacto sobre as propriedades físicas do solo.

Uma alternativa que pode reduzir a concentração de sais e aumentar a disponibilidade de água para irrigação é a mistura de águas de diferentes qualidades (MALASH *et al.*, 2005). Entretanto, a mistura de água só é viável quando se dispõe de mais de uma fonte de água, sendo isso possível em muitas situações práticas, particularmente quando se dispõe de fontes de águas superficiais e subterrâneas. Alternativamente, pode se optar pelo uso cíclico de fontes de água com diferentes concentrações de sais (FLOWERS *et al.*, 2005). Essa estratégia reduz os impactos da salinidade sobre o solo e a planta, além de aumentar a eficiência do uso da água de boa qualidade.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

Foram realizados dois experimentos durante um período de 12 meses em casa de vegetação do departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da UFERSA, Campus Mossoró – RN, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude sul de 5° 11', longitude oeste de 37° 20' e altitude de 18 m. O clima dominante da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo *BSwh'*, ou seja, quente e seco caracterizando como clima tropical Semiárido, com estação chuvosa bastante irregular, atrasando-se do verão para o outono, se concentrando nos primeiros meses do ano. De acordo com Carmo Filho e Oliveira (1989), as características do local são: temperatura média de 27,4 °C, precipitação pluviométrica média anual de 673,9 mm e umidade relativa do ar de 68,9%. A casa de vegetação, onde foram desenvolvidos os experimentos possui as seguintes características: estrutura metálica com pé direito de 3,5 metros de altura, sete metros de largura e 18 metros de comprimento com cobertura em arco e plástico transparente tratado contra a ação de raios ultravioleta, sendo fechada lateralmente com tela sombrite de 50% (Figura1).



Figura 1. Casa de Vegetação onde foram realizados os experimentos. Mossoró, 2010

Foram utilizados materiais de cinco solos que ocorrem com maior frequência no agropólo Mossoró-Assu: Neossolo quartzarênico (RQ) – Tibau-RN (Fazenda Famosa), Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico latossólico (PVAe) – Mossoró-RN (Fazenda Alaginha), Cambissolo Hápico (CXve) – Baraúnas –RN (Fazenda pH), Neossolo Flúvico (RY) – Assu-RN (Sítio São Mateus) e Vertissolo (VX) – Mossoró-RN (Assentamento Paulo Freire), os quais foram coletados através da abertura de trincheiras coletando-se nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade e caracterizados física e quimicamente no laboratório de solos da UFERSA, conforme metodologia da EMBRAPA (1999), cujos resultados estão apresentados na Tabela3. Depois de secos e peneirados, os materiais de solos foram distribuídos em colunas de PVC com 20 cm de diâmetro e 50 cm de altura, com capacidade para 12 litros de material de solo.

Tabela 3. Caracterização Química e Físico-hídrica dos Solos utilizados nos Experimento I e II. Mossoró-RN, 2010

[illegible]

PST	%	1	2	3	2	1	1	3	3	1	3
Areia	g kg ⁻¹	930	930	930	940	510	350	490	500	420	370
Silte	g kg ⁻¹	40	10	10	20	150	160	370	350	250	340
Argila	g kg ⁻¹	30	60	60	40	340	490	140	160	330	300
Profundidade (cm)		0-40		0-40		0-40		0-40		0-40	
Dens. do solo	g cm ⁻³	1,31		1,61		1,55		1,45		1,32	
Dens. de part.	g cm ⁻³	2,63		2,66		2,58		2,47		2,47	
Umidade de sat.	%	34		37		53		41,30		46,56	
Porosidade	%	50		39,5		40		29,5		37,8	
Água disponível	%	0,4		0,4		6,2		30,2		25	

Análises realizadas nos laboratórios de Fertilidade do Solo e fertirrigação e salinidade da UFERSA.

As amostras foram submetidas às tensões de 10, 20, 30, 40 e 60 cm.c.a. em mesa de tensão de placa porosa de areia, à tensão de 100 cm.c.a. em mesa de tensão de placa porosa de argila e às tensões de 800, 2000 e 15000 cm.c.a, em câmara de pressão com placa porosa. Após atingir o equilíbrio para cada tensão, as amostras foram pesadas para determinação da sua massa úmida, e após foram ressaturadas na sua base apenas para restabelecer o contato hidráulico para serem submetidas à próxima tensão. Depois de aplicadas todas as tensões, as amostras foram secas em estufas a 105 °C, por 48 h, para determinação da sua massa de sólidos. Com estas informações realizaram-se, os cálculos da umidade volumétrica e da densidade do solo. O ajuste dos dados ao modelo de Van Genuchten (1980) foi realizado por meio do programa computacional Soil Water Retention Curve SWRC versão 3.0 beta (DOURADO NETO *et al.*, 2001) aplicando-se a teoria de Mualem (1976).

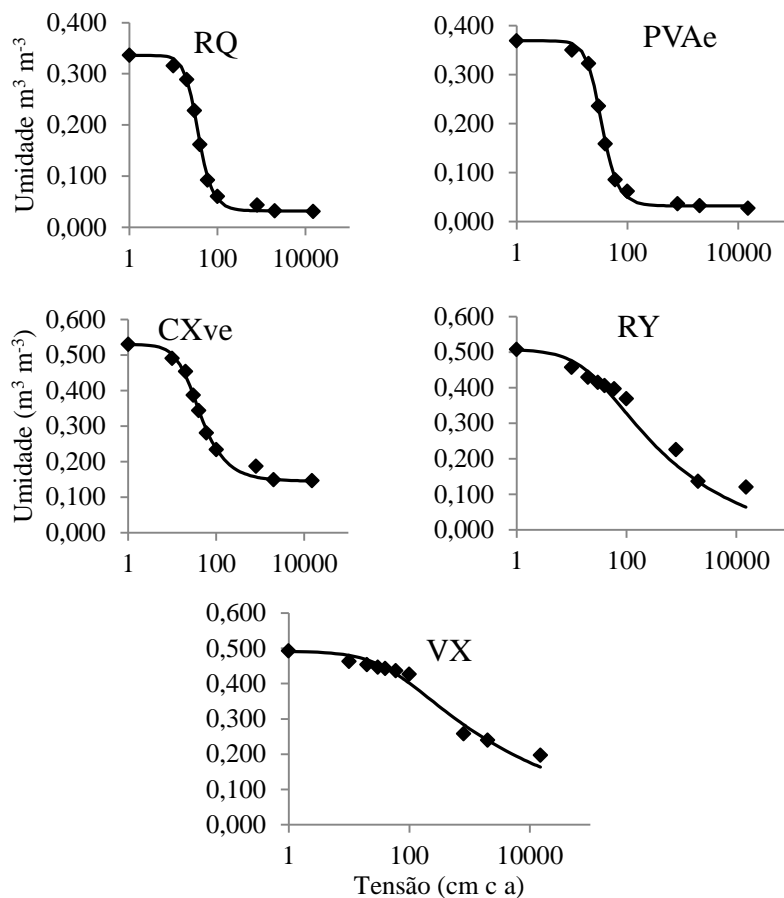


Figura 2. Curva de retenção de água nos solos utilizados nos experimento, médias das camadas de 0-20 e 20-40 cm. Mossoró-RN, 2010.

As águas utilizadas durante os experimentos foram provenientes de dois aquíferos, do Arenito Açú, com profundidade de aproximadamente 1000 m, caracterizado por apresentar água de baixa salinidade, sendo utilizada no abastecimento urbano local do Aquífero Calcário Jandaíra, com cerca de 150 m de profundidade com água salina tendo como principais cátions predominantes, o Na^+ e Ca^{++} e os ânions HCO_3^- e Cl^- . As características químicas das águas utilizadas nos experimentos encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Características químicas das águas utilizadas durante os Experimentos. Mossoró-RN 2010

Caract. Químicas	Unidades	Água de abast.da Ufersa	Água de poço raso da Zootecnia
CEa	dS m ⁻¹	0,59	4,33
Ph	-	7,50	6,90
K	mmol _c L ⁻¹	0,53	0,15
Na	mmol _c L ⁻¹	2,79	19,00
Ca	mmol _c L ⁻¹	1,80	15,20
Mg	mmol _c L ⁻¹	0,50	2,80
CO ₃	mmol _c L ⁻¹	0,35	0,20
HCO ₃	mmol _c L ⁻¹	4,10	4,80
Cl	mmol _c L ⁻¹	1,60	25,20
ΣCátions	mmol _c L ⁻¹	5,62	37,15
ΣÂnions	mmol _c L ⁻¹	6,05	30,20
RAS	(mmolL ⁻¹) ^{0,5}	0,74	6,33
Classif.*		C ₂ S ₁	C ₄ S ₁

* Richards (1954)

4.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os tratamentos utilizados no experimento I, foram compostos da combinação de dois fatores: cinco tipos de solos (RQ, PVAe, CXve, RY e VX) e seis níveis de salinidade da água de irrigação (A₁= 0,59; A₂= 1,00; A₃= 2,00; A₄= 3,00; A₅= 4,0 e A₆= 5,0 dS m⁻¹). O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizados em esquema fatorial 5x6 (solos x salinidade) com 3 repetições, totalizando 90 unidades experimentais. As concentrações salinas foram obtidas a partir da mistura de água de maior salinidade (CE = 4,33 dS m⁻¹) de poço raso, com água de menor salinidade (CE = 0,59 dS m⁻¹) de poço profundo e para completar a salinidade até o maior nível (5 dS m⁻¹) foi adicionado sal NaCl, para aumentar a CEa para 5,0 dS m⁻¹. Cada parcela foi constituída por duas plantas por coluna de material de solo, distribuídas nas bancadas, espaçadas 0,5 m entre si e 1,0 m entre as bancadas.

No experimento II, os tratamentos foram formados pela combinação de cinco culturas: Melão, Feijão Caupi, Milho, Sorgo e Pimentão; dois tipos de materiais de solos: PVAe e CXve e três níveis de salinidade da água de irrigação

($A_1=0,59$; $A_2=2,75$ e $A_3= 5,0 \text{ dS m}^{-1}$). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×2 com três repetições, totalizando 90 unidades experimentais. Para obtenção dos níveis de salinidades foram utilizados os mesmos procedimentos do primeiro experimento.

4.3 DESCRIÇÃO DAS CULTIVARES ESTUDADAS

No experimento I, utilizou-se o melão, híbrido Mandacaru. Este híbrido foi escolhido por apresentar a área de cultivo em crescimento na região, além de possuir boa adaptação às condições climáticas da região e características agronômicas desejáveis para o mercado nacional e externo. Enquanto no Experimento II, utilizaram-se as culturas do melão (cv. Néctar), feijão (Epace 10), milho (Impacto), sorgo (BR 304) e pimentão (Atlantis). Estas culturas foram escolhidas por serem as mais utilizadas pelos produtores e apresentarem área de cultivo em expansão na região, como também pela falta de informações técnicas, principalmente quanto à tolerância a salinidade, além de possuir boa adaptação às condições climáticas da região e características agronômicas desejáveis, conforme descritas nos tópicos abaixo.

4.3.1 Melão

A cultivar de melão Amarelo (Figura 3), pertencente ao grupo inodoro, têm alta produtividade e plantas vigorosas. Os frutos da variedade melão Mandacaru caracterizam por: casca amarela, polpa branco-creme, o formato do fruto é arredondado, tamanho médio a grande com peso média variando entre 1,5 a 2,3 kg. Tem um período de ciclo considerando médio para as condições clima do Nordeste (CLOUSE, 2009).



Figura 3. Cultivar Mandacaru. Mossoró-RN, 2010

O tipo Gália utilizado no Experimento II, inclui melões aromáticos reticulados de origem israelense. Os frutos desse grupo caracterizam-se pela forma arredondada, casca verde que muda para amarelo quando o fruto amadurece, polpa tem coloração branca ou branco-esverdeado, pouca reticulação e peso médio entre 0,7 a 1,3 kg. Segundo a Clouse (2009), a variedade Néctar apresenta as seguintes características: frutos arredondados com peso 0,8 a 1,2 kg, casca rendilhada, polpa verde e bem doce, e excelente conservação pós-colheita dos frutos (Figura 4). As plantas apresentam vigor médio, com alto potencial produtivo.



Figura 4. Cultivar Nectar. Mossoró-RN, 2010

4.3.2 Feijão Caupi

A cultivar de feijão caupi EPACE-10 foi desenvolvida no Departamento de Pesquisa do Cariri, para ampliar as possibilidades genéticas ligadas ao potencial de produção, resistência a viroses, tolerância à estiagem e qualidade comercial do grão

e da vagem. Tem como características hábito de crescimento indeterminado, porte semi-ramador, ciclo de 65-75 dias, cor da flor violeta, comprimento da vagem 21 cm, 15 grãos por vagem, semente marrom, produtividade 1000 kg ha⁻¹.



Figura 5. Feijoeiro cv. Epace 10. Mossoró-RN, 2010

4.3.3 Milho

A cultivar de milho híbrido Impacto caracteriza-se pela excepcional sanidade foliar para as principais doenças, com destaque em relação à *Cercospora*, proporcionando grandes performances em verão na região central do Brasil, reduz a população de nematóides. Possui grão duro, amarelo alaranjado, com excelente teto reprodutivo e estabilidade. Sendo utilizado nos plantios de inverno e verão. Com população de 50 a 65 mil plantas ha⁻¹ no período de verão e 50 a 55 plantas ha⁻¹ no período de inverno.



Figura 6. Cultivar de Milho Impacto. Mossoró-RN, 2010

4.3.4 Sorgo

A cultivar BR 304 é um híbrido simples, resultado do cruzamento da linhagem BR 001 A com a BR 012 R. Nos plantios em sucessão, o BR 304 é produtivo sendo ainda tolerante à podridão seca do colmo, causada pelo patógeno *Macrophomina phaseolina*, em condições de deficiência hídrica. Essa característica torna o BR 304 altamente recomendado para plantios em sucessão a culturas precoces de verão e para os plantios tardios. Ele é recomendado para as Regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, especialmente para as épocas onde a disponibilidade de chuvas é menor.



Figura 7. Cultivar de Sorgo BR 304. Mossoró-RN, 2010

4.3.5 Pimentão

A cultivar de pimentão Atlantis é um híbrido simples, com frutos de cor verde ou vermelho, pesando de 240 a 260 gramas, parede bem espessa, com 6 a 8 mm e excelente pós-colheita. A planta é vigorosa, com boa cobertura foliar o que garante boa proteção dos frutos. Possui hastes grossas e entrenós curtos. Caracteriza-se por ser uma variedade que pode ser cultivada em condições de campo ou em estufa com alto potencial produtivo.



Figura 8. Pimentão Atlantis. Mossoró-RN, 2010

4.4 CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Após a distribuição do material de solo nas colunas, estas receberam uma adubação de fundação com 150 ppm de P_2O_5 e uma lâmina de água até atingir a capacidade de campo. Depois se procedeu o semeio direto, de acordo com as culturas previstas para cada experimento.

Os volumes de água de irrigação foram determinadas a partir de estimativas da evapotranspiração da cultura e ajustadas com base no monitoramento da umidade do solo através do uso de tensiômetros que foram distribuídos em forma radial a uma distância média de 0,15 m da planta, e nas profundidades de 0,15 e, 0,3 m. Os tensiômetros também serviram como extratores de solução do solo. Foram instaladas também sondas de FDR que mediam simultaneamente a salinidade e a umidade volumétrica do solo de acordo com a Equação 1 de Topp *et al.* (1980), a qual foi ajustada em laboratório.

A Equação 1 foi usada para o cálculo do potencial da água no solo, determinado por tensímetro.

$$\psi_m = (1020 L_T) + (20 + Z) \quad (1)$$

onde:

ψ_m = potencial mátrico de água no solo (kPa);

L_T = leitura do tensímetro (bar);

Z = profundidade da superfície do solo ao centro da cápsula de cerâmica (cm);

20 = altura da coluna de água, da superfície do solo à superfície da água dentro dos tensiômetros.

O potencial matricial da água do solo (Ψ_m), à profundidade de 0,15 m, serviu como valor crítico para indicar o momento da irrigação. Tanto os tensiômetros situados à 0,15 m de profundidade como nas demais, serviram para quantificar a água armazenada no solo.

A fertirrigação foi realizada semanalmente, sendo distribuídos os nutrientes ao longo do desenvolvimento inicial das culturas de acordo com as necessidades nutricionais, seguindo a marcha de absorção de cada cultura, com utilização dos seguintes adubos: cloreto de potássio, sulfato de potássio, uréia, nitrato de cálcio, e sulfato de magnésio.

O controle de pragas e doenças foi feito sempre em caráter preventivo com intuito de evitar a presença das principais pragas e doenças comuns na região, através do uso de inseticidas e fungicidas específicos para cada cultura.

As plantas de melão e demais culturas foram conduzidas até o período floração, quando a parte aérea foi cortada junto ao solo e conduzidas ao laboratório de Irrigação e Salinidade para realização de análises de crescimento, matéria seca e nutricional.

Nos experimentos I e II, foram aplicados duas lâminas de lixiviação para lavagem de sais no perfil do solo aplicando uma fração de lixiviação de 10%. Os dados climáticos do período de condução dos experimentos estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5. Dados da estação meteorológica automática da UFERSA referente ao período de condução do experimento. Mossoró-RN, 2010

Semana	T. med -----°C-----	T. max	T. min	UR (%)	V ₂ (m s ⁻¹)	RG (MJ m ⁻²)	ETo (mm dia ⁻¹)
1	27,95	35,52	20,38	54,00	5,42	20,58	7,77
2	27,29	34,79	19,80	51,04	6,19	20,16	8,35
3	28,45	35,84	21,07	50,09	5,59	21,97	8,67
4	28,50	35,81	21,18	55,40	5,80	20,50	8,19
5	28,65	36,00	21,30	51,45	5,89	20,54	8,65
6	28,71	35,93	21,49	51,70	6,38	23,54	9,26
7	28,76	33,62	23,90	66,17	6,46	21,00	7,51
8	29,98	36,41	23,54	57,60	6,93	24,45	9,41
9	29,88	36,38	23,37	54,65	7,23	23,26	9,63
10	29,29	35,25	23,34	60,45	6,82	22,99	8,64
11	29,41	34,92	23,90	60,44	7,24	23,88	8,89
12	29,62	35,78	23,45	57,49	7,27	21,31	8,94
13	28,70	33,29	24,11	66,95	6,21	17,36	6,76
14	29,20	34,00	24,39	67,94	5,87	17,95	6,79
15	29,17	35,19	23,14	66,50	5,98	19,36	7,22
16	28,63	34,42	22,85	63,57	6,74	23,26	8,16

Fonte: Estação Meteorológica automática da UFERSA. Mossoró, RN, 2010

T. Média, T. Máxima e T. Mínima → Temperatura média, máxima e mínima; UR → Umidade relativa média diária; V₂ → Velocidade do vento média diária a 2 metros de altura; RG → Radiação global média, ETo – FAO → Evapotranspiração de referência estimada pela equação de Panmam Monteih – FAO.

Tabela 6. Valores médios de volume de irrigação para períodos quinzenais em função do tipo solo utilizado no experimento I. Mossoró-RN, 2010

SOLO	PERÍODO	VOLUME ACUMULADO (L COLUNA ⁻¹)
RQ	06 - 20/08	3,47
RQ	21/08 – 09/09	4,36
PVAe	06 - 20/08	3,30
PVAe	21/08 – 09/09	4,42
CXve	06 - 20/08	4,63
CXve	21/08 – 09/09	5,51
RY	06 - 20/08	3,61
RY	21/08 – 09/09	4,70
VX	06 - 20/08	2,79
VX	21/08 – 09/09	3,16

Tabela 7. Valores médios de volume de irrigação acumulado para períodos quinzenais em função da cultura e do solo utilizado no experimento II. Mossoró-RN, 2010

CULTURA	SOLO	PERÍODO	VOLUME ACUMULADO (L COLUNA ⁻¹)
Melão	PVAe	24/10-07/11	3,30
	CXve	24/10-07/11	2,90
	PVAe	08-23/11	4,54
	CXve	08-23/11	5,29
	PVAe	24-27/11	4,91
	CXve	24-27/11	5,50
Feijão Caupi	PVAe	24/10-07/11	3,30
	CXve	24/10-07/11	2,90
	PVAe	08-23/11	5,35
	CXve	08-23/11	5,99
	PVAe	24/11-08/12	7,25
	CXve	24/11-08/12	7,86
Milho	PVAe	24/10-07/11	3,30
	CXve	24/10-07/11	2,90
	PVAe	08-23/11	5,15
	CXve	08-23/11	5,44
	PVAe	24-27/11	7,10
	CXve	24-27/11	7,54
Sorgo	PVAe	24/10-07/11	3,30
	Cxve	24/10-07/11	2,90
	PVAe	08-23/11	5,07
	CXve	08-23/11	5,22
	PVAe	24-27/11	6,98
	CXve	24-27/11	7,36
Pimentão	PVAe	24/10-07/11	7,02
	Cxve	24/10-07/11	3,91
	PVAe	08-23/11	11,9
	CXve	08-23/11	8,0
	PVAe	24/11-08/12	19,3
	CXve	24/11-08/12	14,9
	PVAe	09-14/12	23,5
	Cxve	09-14/12	18,3

4.5 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

4.5.1 Salinidade do solo

No período de floração de cada cultura foram coletadas amostra de solo para determinação da salinidade do solo. Em cada parcela foi coletado solo em duas profundidades 0-20 e 20-40 cm, sendo coletados em cada profundidade amostras de solo de três pontos equidistante 10 cm do colo da planta, de tal forma que uma amostra simples era retirada do lado esquerdo outra do lado direito e a última do lado oposto da linha lateral com um ângulo de 90° com o colo da planta, ou seja, em forma de triângulos, formando uma amostra composta de cada camada de solo.

As amostras compostas foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 0,002 m, onde foi determinado a condutividade elétrica $CE_{1:2,5}$ no sobrenadante a partir da mistura de uma parte de solo para duas e meia de água destilada, conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). O sobrenadante foi obtido pesando-se amostras de 30 g de solo colocado em um erlenmeyer de 125 mL em seguida colocado 75 mL de água destilada, e agitado a uma rotação de 350 rpm durante 10 minutos. Após a agitação as amostras ficaram em repouso por uma hora antes de medir a CE.

Para se determinar a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), medida padrão da salinidade do solo, fez-se curvas de calibração utilizando parte das amostras, medindo-se nas mesmas a $CE_{1:2,5}$ e CEes. Os extratos de saturação foram obtidos mediante pasta de saturação, realizada de acordo com a metodologia descrita por Richards (1954), utilizando 300g de solo. No extrato, determinou-se a CE em condutivímetro, Ca^{2+} e Mg^{2+} por titulação com EDTA, e Na^{+} em fotômetro de chama.

A partir dos dados de $CE_{1:2,5}$ e CEes desenvolveram-se equações através de regressão linear, para que se possa estimar os dados de CEes a partir dos dados de $CE_{1:2,5}$, por profundidade (0-20 e 20-40 cm) e no perfil de solo (0-40 cm).

As variáveis utilizadas na avaliação da salinidade do solo foram o pH e a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes).

4.5.2 Parâmetros Vegetativos

4.5.2.1 Massa Seca da Parte aérea

A massa seca da parte aérea das plantas foi obtida a partir da soma da massa seca de folhas e hastes, secas em estufa de circulação forçada com temperatura de 65 a 70° C até peso constante. Após a secagem o material obtido foi pesado em balança de precisão (0,01g).

4.5.2.2 Crescimento

A avaliação do crescimento foi realizada através de análises não destrutivas, realizada semanalmente a partir do 12º dia após a semeadura (DAS) se estendendo 33(DAS) e destrutivas (ao final do experimento) no Experimento I e no Experimento II foi realizada semanalmente a partir do 12º DAS até os 33DAS para cultura do melão, e para as demais culturas se estendeu até os 40DAS.

A área foliar foi obtida a partir do comprimento e diâmetro de todas as folhas de cada planta e estimadas a partir de equações propostas para cada cultura(Tabela 6). Na última coleta, a área foliar foi estimada pelo método do disco, o qual consiste na retirada de discos foliares de área conhecida em quatro posições do limbo foliar de um conjunto de folhas, distribuídas simetricamente, evitando-se a amostragem da nervura central, conforme estudos de Huerta (1962) e Gomide *et al.* (1977). Utilizou-se o mesmo procedimento semelhante para a secagem dos discos e das folhas das quais foram retirados os discos foliares (estufa de circulação forçada de 65-70° C até peso constante), cuja massa resultou do somatório das folhas com a dos discos foliares, obtendo-se a matéria seca total das folhas. Onde a área do disco foi correlacionada com massa seca das folhas.

As equações utilizadas para se estimar a área foliar das coletas, estão descritas na Tabela 8.

Tabela 8. Equações utilizadas para estimar a área foliar do melão, feijão, milho, sorgo e pimentão. Mossoró, 2010

Cultura	Equação	Recomendação
Melão	$\Sigma (0,826 L^{1,89})$	Nascimento <i>et al.</i> , 2002
Feijão	$\Sigma (0,9915 \times (C \times L)^{0,9134})$	Lima <i>et al.</i> , 2008
Milho	$\Sigma ((C \times L) \times 0,75)$	Montgomery, 1911
Sorgo	$\Sigma ((C \times L) \times 0,75)$	Montgomery, 1911
Pimentão	$\Sigma ((C \times L) \times 0,60)$	Trivelli <i>et al.</i> , 1997

4.5.3 Análises de trocas gasosas

A mensuração da condutância estomática no Experimento I foi realizada aos 33 dias após a semeadura, com auxílio de um medidor porômetro de difusão dinâmica modelo AP-4 (Delta-T devices). Curvas diárias de condutância estomática foram elaboradas a partir da leitura da condutância estomática de uma folha bem iluminada. Juntamente com a primeira leitura, as folhas foram marcadas e as leituras posteriores foram feitas nas mesmas folhas e na mesma sequência inicial. Foi avaliada uma folha totalmente expandida, sem sintomas de danos. A somatória de todas as leituras realizadas durante o período resultou na condutância acumulada. As leituras foram feitas entre 06:00 às 16:00 de um dia com boa insolação.

4.5.4 Teores de elementos minerais nas folhas

Os teores de elementos minerais na massa seca das folhas do Experimento II foram determinados segundo a metodologia de Embrapa (2009), sendo o N obtido pela digestão de 0,2 g da amostra em 3 ml de H₂SO₄; 1 ml de H₂O₂ e 1 g de mistura de digestora na proporção de 10:1, sendo 10 de CuSO₄ e 1 de K₂SO₄, e os

demais nutrientes foram determinados a partir de digestão Nítrica, onde foram digeridos 0,5 g da amostra em 5 ml de HNO_3 , sendo o P por colorimetria, o Na e K por fotometria de chama, o Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn por espectrofotometria de absorção atômica.

4.5.5 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, teste F com auxílio do software SAEG 9.0 (RIBEIRO JUNIOR, 2001). Com os dados de salinidade, por se tratar de variáveis quantitativas, procedeu-se a análise de regressão, onde se testou os coeficientes dos modelos com base no quadrado médio do resíduo da análise de variância, conforme Ribeiro Junior (2001). Os solos foram comparados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade e por análise de regressão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERÍSTICAS AVALIADAS NO EXPERIMENTO I

5.1 AVALIAÇÃO DA SALINIDADE DO SOLO

5.1.1 Relação entre a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e a condutividade elétrica da suspensão solo – água 1:2,5 (CE_{1:2,5})

A salinidade do solo é avaliada pela condutividade elétrica do extrato de saturação. Entretanto, devido a morosidade do método laboratorial, uma alternativa é estimar a partir do extrato diluído (DANTAS *et al*, 2005; RHOADES e MIYAMOTO, 1990), entretanto, requer que se faça calibração entre os métodos para que possa ser utilizado.

Verifica-se nas Figuras 3, 4, 5, 6 e 7 a relação entre a CE_{1:2,5} e CEes nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e no perfil (0-40 cm) dos solos estudados. Pode-se observar relação linear com elevado grau de coeficiente de determinação nas duas camadas e em todos os solos estudados. No Neossolo Quartzarênico (RQ) o fator de concentração variou de 7,38 a 8,03, com valor médio de concentração no perfil de 7,74 (Figura 9). Para o Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (PVAe), houve uma variação do fator de concentração de 7,66 a 9,58 e valor médio no perfil de 8,87 (Figura 10). A variação encontrada para o Cambissolo Háplico (CXve) foi de 5,49 a 6,18 e valor médio no perfil de 5,93 (Figura 11). No Neossolo Flúvico (RY), observou-se uma variação do fator de concentração de 4,49 a 5,10 e valor médio no perfil de 4,87 (Figura 12). No Vertissolo (VX), o fator de concentração foi de 4,09 a 3,51 e média no perfil de 3,71 (Figura 7). Verifica-se no VX a menor variação no fator de concentração (0,58) e maior variação no PVAe (1,92). No entanto, em todos os solos estudados pode-se estimar a CEes com as equações obtidas com os valores médios no perfil com boa aproximação dos dados. Os resultados obtidos neste trabalho, confirmam

os dados obtidos por Dantas *et al.* (2005) que a CEes pode ser estimada a partir da $CE_{1:2}$ e observou que em ambas as metodologias pode se utilizar a análise conjunta das duas profundidades para se fazer esta estimativa.

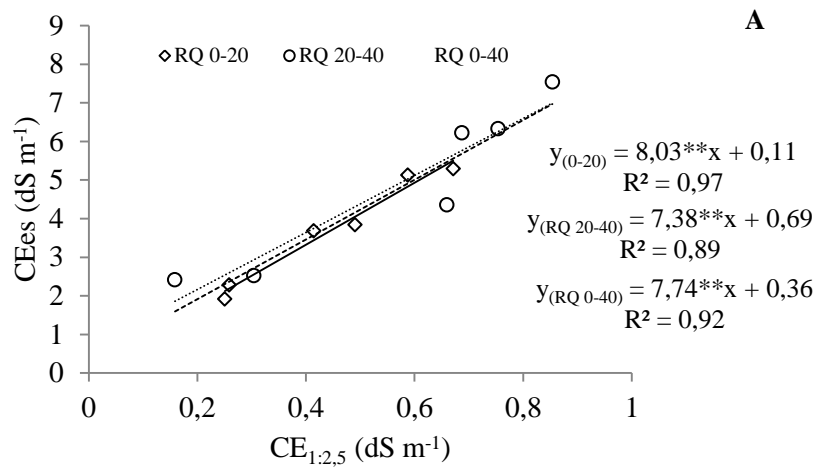


Figura 9. Relação entre a $CE_{1:2,5}$ e a CEes nas profundidades de 0-20cm, 20-40cm e no perfil (0-40 cm) em Neossolo Quartzarênico (RQ) cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010

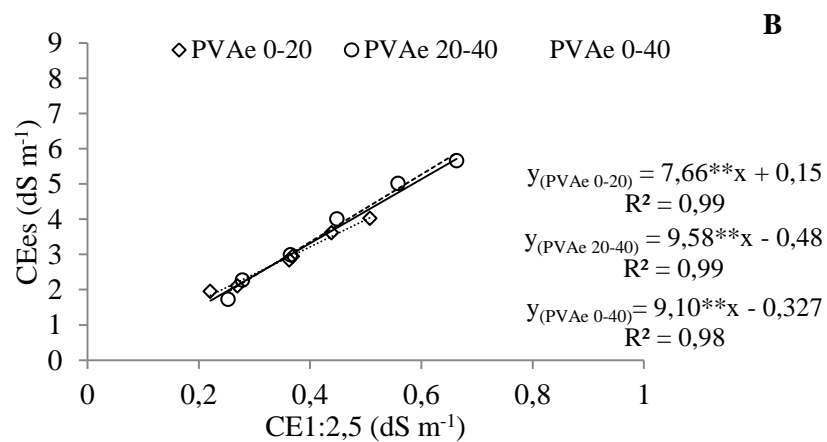


Figura 10. Relação entre a $CE_{1:2,5}$ e a CE_{es} nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e no perfil (0-40 cm) em Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (PVAe) cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010

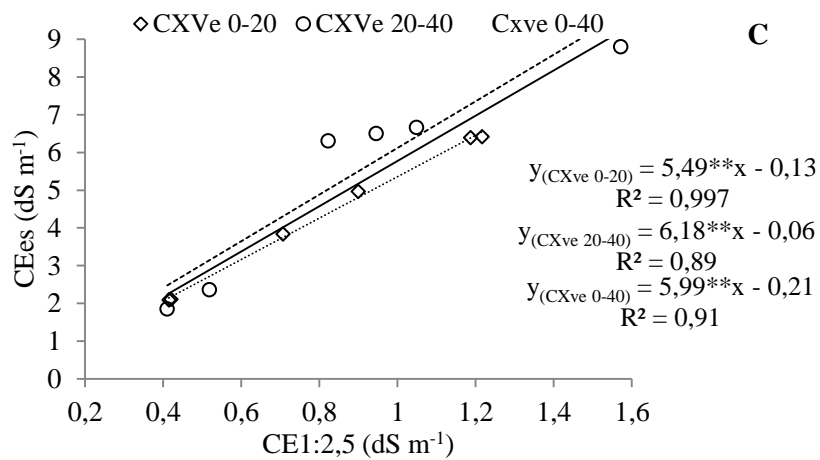


Figura 11. Relação entre a CE_{1:2,5} e a CEes nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e no perfil (0-40 cm) em Cambissolo Háplico (CXVe) cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010

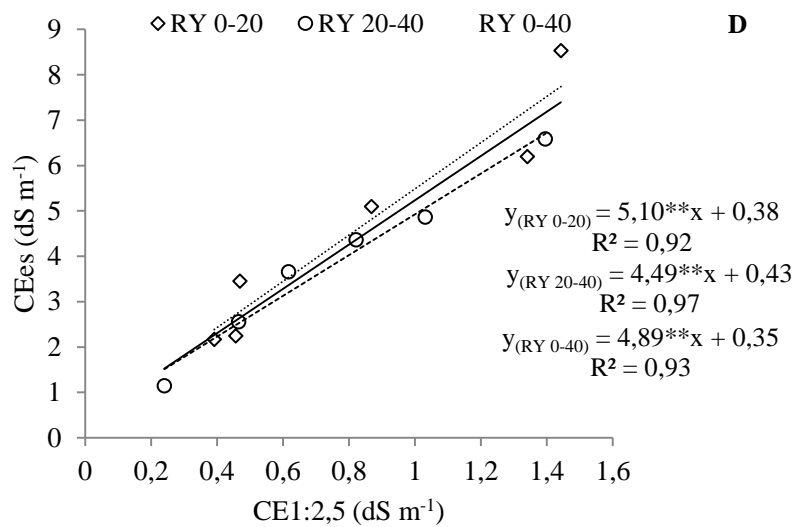


Figura 12. Relação entre a CE_{1:2,5} e a CEes nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e no perfil (0-40 cm) em Neossolo Flúvico (RY) cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010

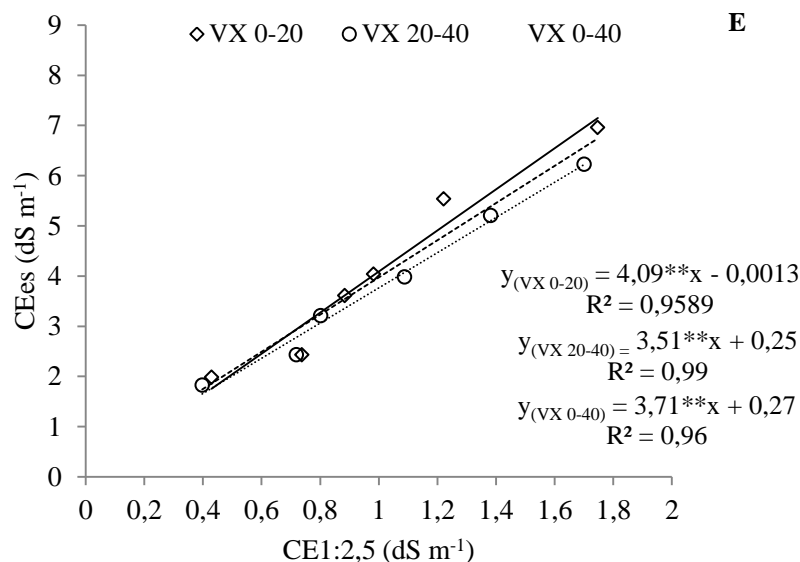


Figura 13. Relação entre a $CE_{1:2,5}$ e a CE_{es} nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e no perfil (0-40 cm) em Vertissolo (VX) cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010

Observa-se na Figura 14, os valores de CE_{es} no perfil radicular em função da CE_a para os solos estudados. Em todos os solos houve aumento da CE_{es} em função do aumento da CE_a . No entanto, esse comportamento diferiu entre os solos, com maior tendência ao aumento da salinidade no CXVe, RY e VX o que ocorreu em decorrência do maior conteúdo da fração argila que limita a lixiviação de sais em decorrência da lâmina de lixiviação aplicada. No NQ e NY os sais são lixiviados no perfil do solo por apresentar uma textura mais arenosa 930 e 935 g kg^{-1} de areia, respectivamente. A CE_{es} é diretamente proporcional a CE_a , comportamento que confirma a teoria de Ayers e Westcot (1999) e Medeiros *et al.* (1998).

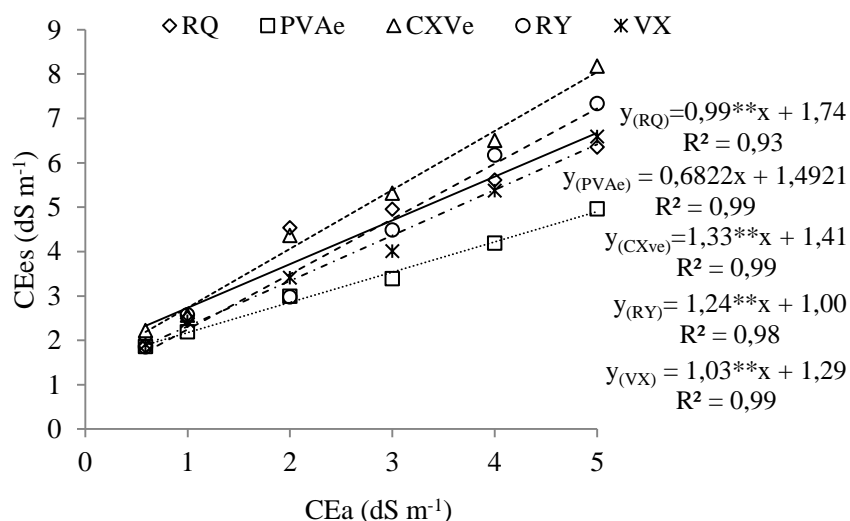


Figura 14. Relação entre a CEes no perfil do solo (0-40 cm de profundidade) estimada pela $CE_{1:2,5}$ em função da CEa em solos do agropólo Mossoró-Assu cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010

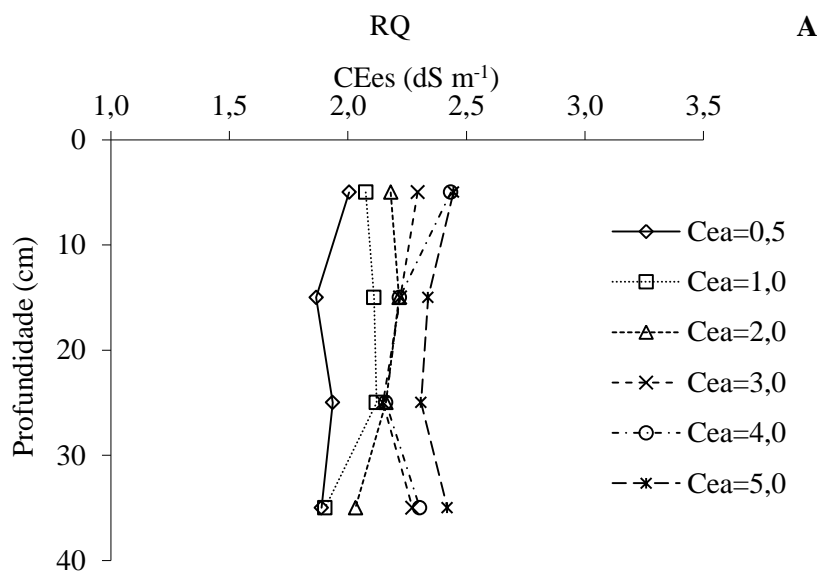
Para todos os solos estudados, observou-se CEes maior que a CEa para a água com menor nível de salinidade A1 (0,59 dS m⁻¹), e em A2 (1,0 dS m⁻¹) para RQ, PVAe, RY e VX. Verifica-se no CXVe, que a CEes aumentou consideravelmente a partir da CEa (1,0 dS m⁻¹) o que sugere maiores problemas de salinização do solo devido a maior conteúdo da fração argila. O RY foi o solo em que se observou maiores valores de CEes no nível de maior salinidade, este solo apresenta conteúdo de silte elevado (360 g kg⁻¹) que os demais solos estudados, o que implicou numa fração de lixiviação mínima. A lâmina de lixiviação prevista era de 10%, no entanto, a baixa condutividade hidráulica de RY e VX não permitiu a aplicação total dessa lâmina.

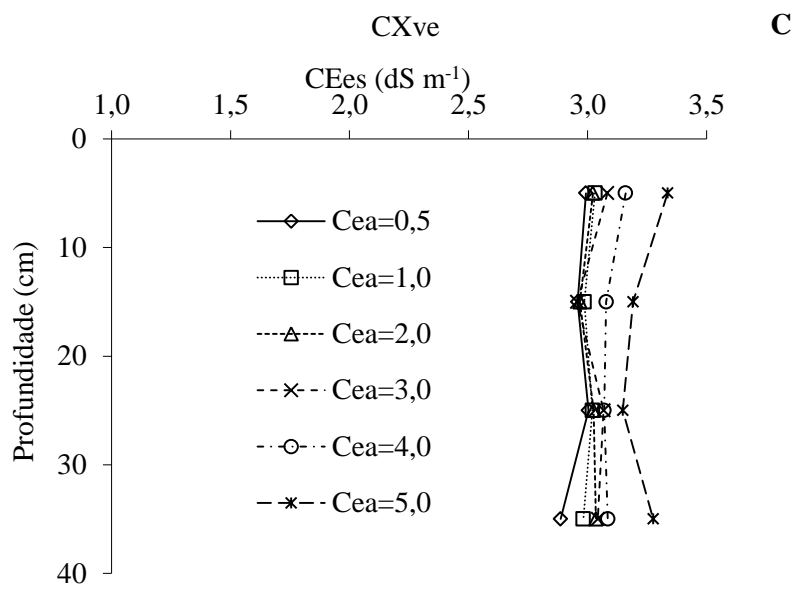
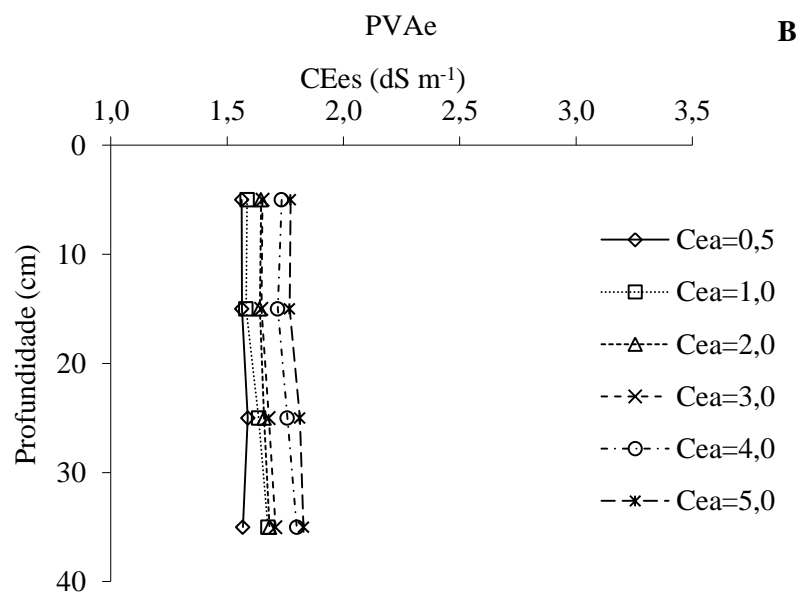
5.1.2 Perfis de salinidade do solo e pH

Verifica-se na Figura 15, que a salinidade no perfil do solo apresentou baixa variação ao longo do perfil para todos os solos estudados, o que pode ser justificado pela alta fração de lixiviação aplicada, como explicado por Ayers e Westcot (1999).

Nos solos com textura mais arenosa, como RQ e PVAe houve uma tendência ao maior acúmulo de sais na profundidade de 40 cm, comportamento que pode ser explicado pelo maior conteúdo da fração areia nesses tipos de solos, fazendo com que os sais fossem lixiviados no perfil, comportamento diferente do observado para o CXve, RY e VX que apresentaram maior acúmulo de sais em superfície quando comparado aos supracitados, se mantendo constante ao longo do perfil, o que pode ser justificado pela reduzida capacidade de drenagem desses tipos de solos (Figura 15).

Os valores de pH não tiveram influência significativa da salinidade da água de irrigação, se mantendo constante e com valores próximos entre os solos estudados.





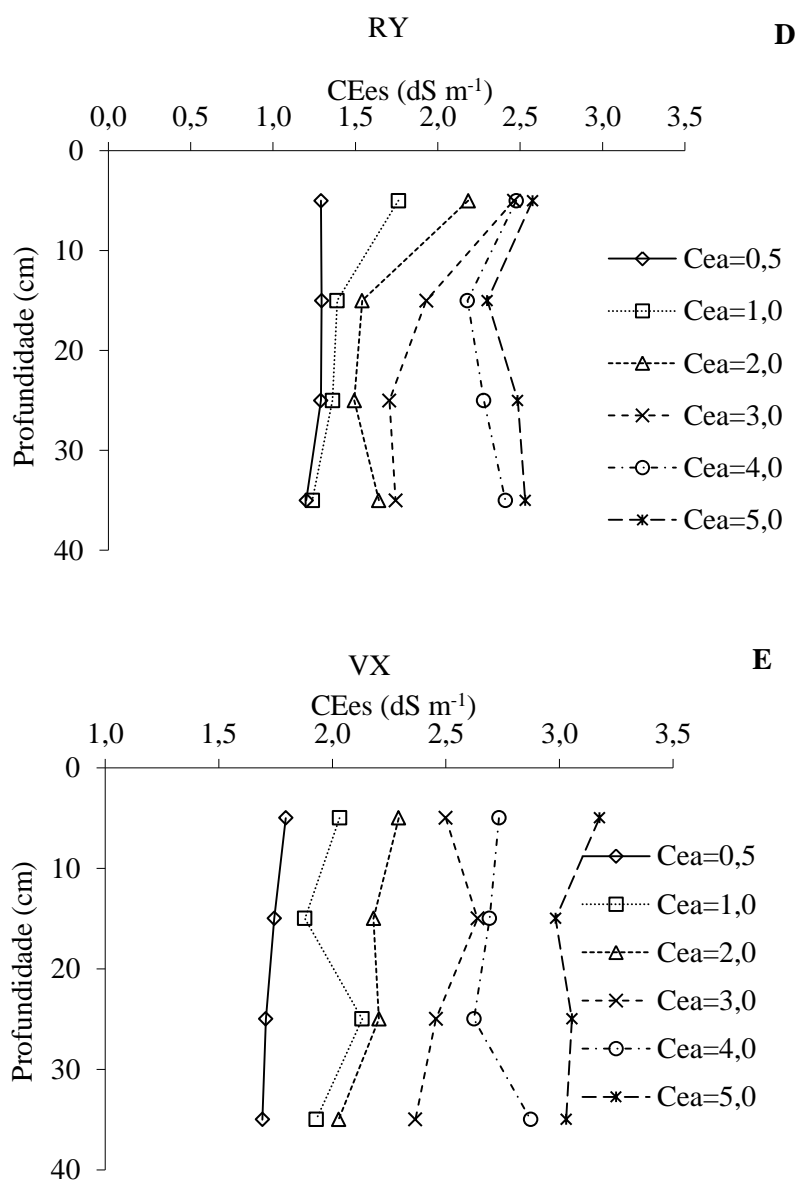
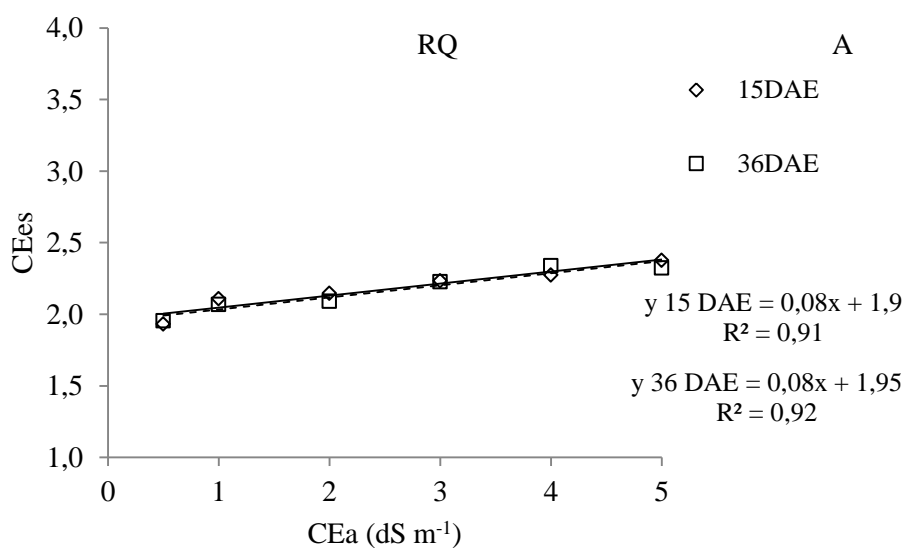
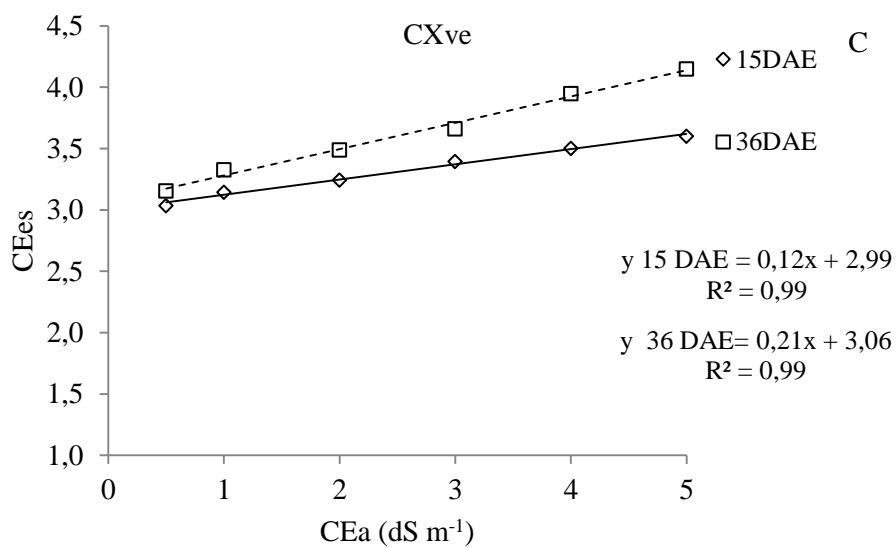
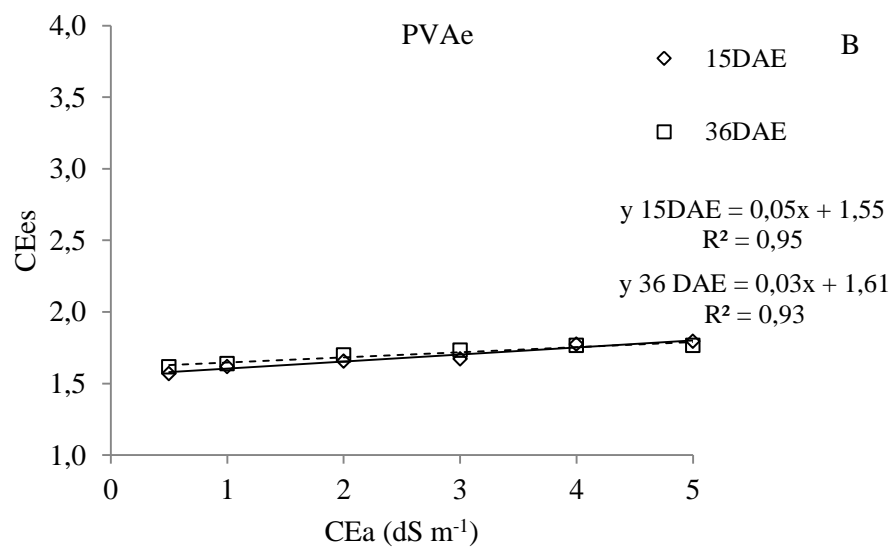


Figura 15. Perfis deCEes estimada a partir da $CE_{1;2,5}$ do solo em função da salinidade da água de irrigação em RQ (A), PVAe (B), CXve (C), RY (D) e VX (E) aos 36 dias de cultivo com melão. Mossoró, 2010

Observou-se que os valores de salinidade em todos os solos estudados cresceram linearmente em função do aumento da salinidade da água de irrigação, aos 15 e 36 dias de cultivo (Figura 16). No RQ e PVAe, devido constituição mais

arenosa, que apresentam maior eficiência da lixiviação, a concentração de sais foi menor o que pode ser verificado pelo coeficiente angular e linear das equações de regressão deste (Figura 16A), por outro lado, no CXve, RY e VX esse aumento foi mais evidente principalmente aos 36 DAS. Isto pode ser explicado pelo maior teor de argila neste tipo de solo, o que diminui a eficiência de lixiviação, promovendo maior acúmulo de sais no solo (Figura 16B). Em ambos os solos os níveis de salinidade poderão ser estimados aos 15 e 36 DAS pelas equações com precisão maior que 84%. Os valores obtidos neste estudo para o CXve, RY e VX concordam com Santana *et al.* (2006), que obtiveram valores de CEes maiores no solo de textura argilosa, sendo de 2,26; 4,86; 6,89 e 10,25 dS m⁻¹ para as águas de 0,1; 2,0; 5,0 e 8,0 dS m⁻¹, respectivamente. Resultado também observado por Souza (1995) estudando a evolução na CEes que encontrou valores proporcional aos tratamentos de excesso de sal na água de irrigação, em um solo cultivado com o feijoeiro.





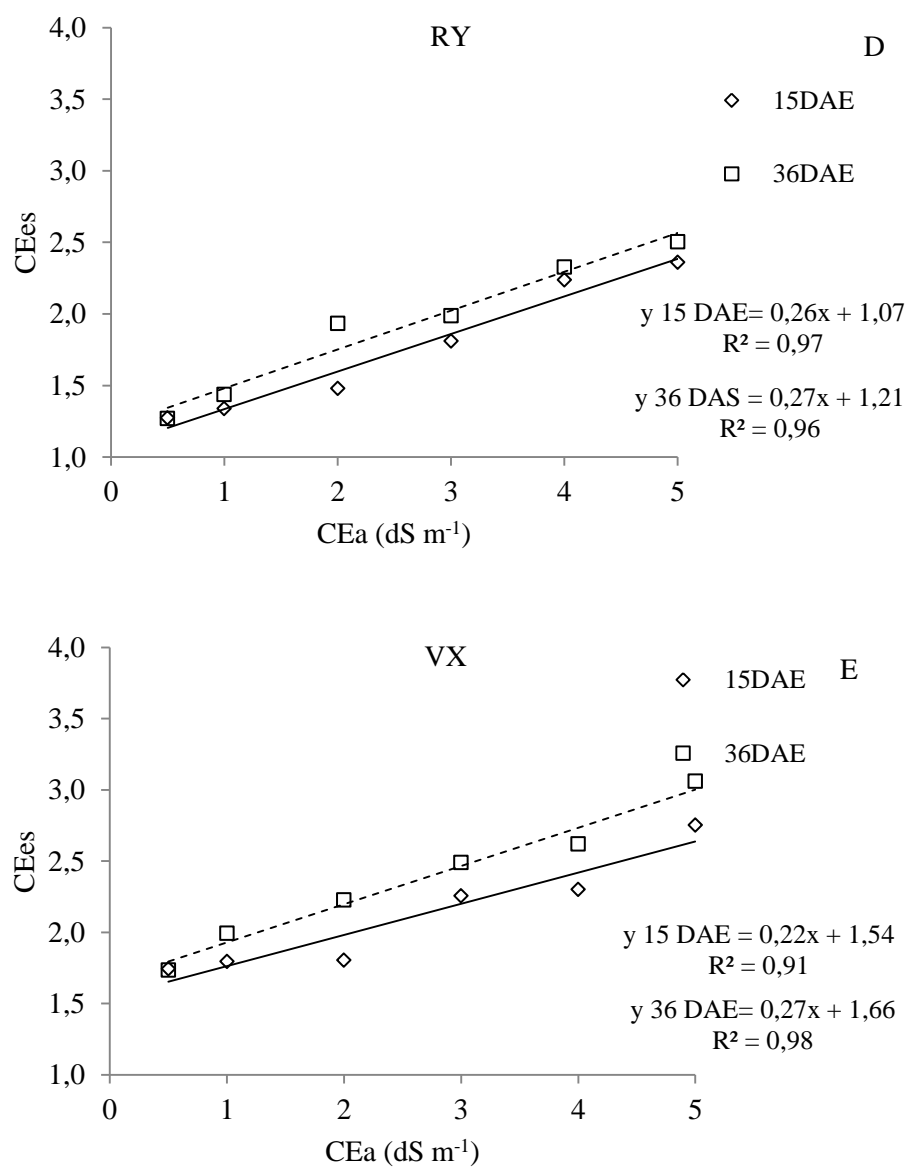


Figura 16. Evolução na CEes no perfil do solo em função da salinidade da água de irrigação aos 15 e 36 DAE em RQ (A), PVAe (B), CXve (C), RY (D) e VX (E) cultivados com meloeiro até o período de floração. Mossoró, 2010

5.2 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS VEGETATIVOS

5.2.1 Matéria Seca da Parte Aérea

Para a matéria seca total do meloeiro não se observou interação significativa entre os solos e a salinidade da água de irrigação, havendo apenas efeitos isolados para os fatores solo e água(Tabela 9).

Tabela 9. Valores de teste F e significância estatística para os teores de matéria seca do meloeiro sob estresse salino em solos do agropólo Mossoró-Assu. Mossoró, 2010

FV	GL	MSA	MSR
Solo	4	50,845**	9,957**
Água	5	10,687**	10,577**
S x A	20	1,163 ^{ns}	1,062 ^{ns}
Resíduo	60		
CV (%)		15,01	15,76

**significativo a 1% de probabilidade,*significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo

Os maiores valores de matéria seca total foram observados no VX, seguidos de CXve e RY que não diferiram estatisticamente e os menor valor em RQ(Tabela 10). Esses resultados sugerem que mesmo sob estresse salino, os solos com textura mais argilosa disponibilizam mais nutrientes para planta, devido a sua maior capacidade de retenção de água e nutrientes.

Tabela 10. Valores médios de matéria seca da parte aérea do meloeiro sob estresse salino em solos representativos do agropólo Mossoró-Assu. Mossoró, 2010

SOLOS	CE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO (dS m ⁻¹)						Médias
	0,59	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	
RQ	7,12 C	7,59 B	6,66 B	6,20 B	4,97 B	4,62 B	6,19 C
PVAe	8,41 BC	8,15 B	6,60 B	7,69 B	5,69 B	6,57 B	7,45 BC
CXve	11,17 A	9,12 AB	8,68 B	7,01 B	6,46 B	6,36 B	8,13 B
RY	9,81 AB	8,46 B	8,35 B	7,89 B	6,98 B	6,41 B	7,98 B
VX	11,75 A	11,58 A	12,28 A	11,93 A	11,90 A	10,67 A	11,69 A

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verificaram-se ajustes de modelos lineares decrescentes para RQ, PVAe, CXve e RY, enquanto, para o VX não houve ajuste de modelo. A partir do menor nível (0,59dS m⁻¹) já se observou decréscimos na matéria seca total das plantas, evidenciando o efeito da salinidade, com reduções de 0,66; 0,50; 1,01; 0,66 g planta⁻¹ por aumento unitário de salinidade, resultando em perdas estimadas de 43,95; 38,80; 31,44; 26,72%, para CXve, RQ, RY e PVAe, respectivamente (Figura 17).

Redução da matéria seca tem sido um comportamento clássico verificado por diversos autores quando as plantas são submetidas ao estresse salino, dos quais citam-se Meloni *et al*, (2001); Botia *et al*, (2005). Este comportamento tem sido atribuído à redução no potencial hídrico da solução do solo gerado pelo efeito osmótico dos sais Na⁺ e Cl⁻ adicionados, dificultando a absorção de água pelas raízes das plantas (MARSCHNER, 1995; BRAY *et al*, 2000).

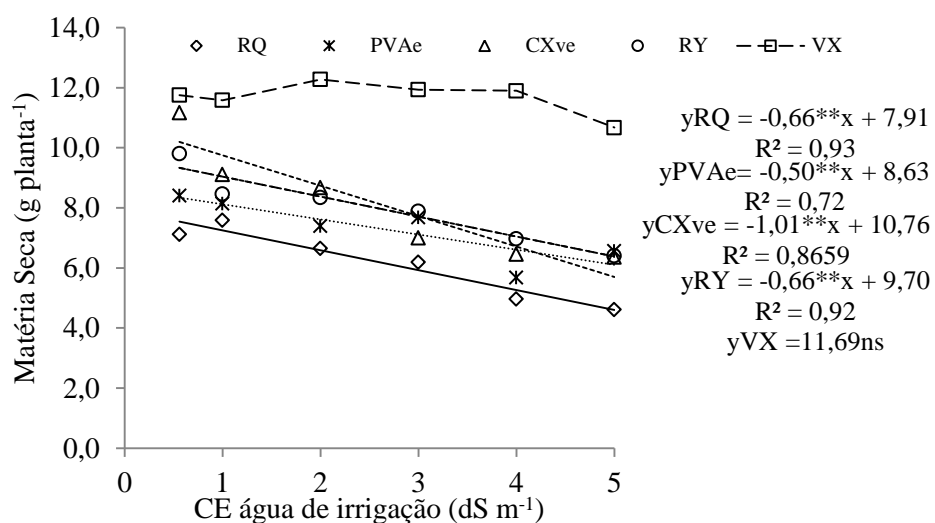


Figura 17. Matéria seca da parte aérea de meloeiro cultivado até o período de floração em função da CEA em solos do agropólo Mossoró-Assu. Mossoró, 2010.
**significativo a 1% de probabilidade,*significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo

5.2.2 Área Foliar

Observou-se efeito significativo para área foliar do meloeiro para interação entre os tipos de solos e os níveis de salinidade da água de irrigação (Tabela 11). Com exceção de RQ e PVAe, houve decréscimos nos valores de área foliar. O não efeito RQ e PVAe ocorreu provavelmente devido ao menor acúmulo de sais, consequência da maior capacidade de lixiviação destes tipos de solos, reduzindo assim o efeito da salinidade sobre esta característica (Figura 12).

Tabela 11. Valores de teste F e significância estatística para área foliar do meloeiro sob estresse salino em solos do agropólo Mossoró-Assu em quatro épocas de coleta. Mossoró, 2010

FV	GL	AF
Solo	4	95,217**
Água	5	6,72**
Solo x Água	20	1,85*
Erro (A)	58	
Época	3	4667,5**
Solo x Época	12	5,65**
Água x Época	15	1,32 ^{ns}
Solo x Água x Época	60	0,98 ^{ns}
Erro (B)	182	
CV (%)		4,89

**significativo a 1% de probabilidade,*significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo

Considerando-se os solos onde ocorreram efeitos significativos da salinidade da água de irrigação, observou-se em CXve e VX decréscimos lineares em função do aumento da salinidade da água de irrigação, enquanto, em RY houve ajuste de modelo polinomial de 3º grau (.Figura 18).

Segundo Terry e Waldron (1984) uma das primeiras respostas das plantas submetidas ao estresse salino é a redução na taxa de crescimento foliar, reduzindo a área foliar disponível para a fotossíntese. Em geral, nota-se que quanto maior o nível de água salina, menor a área foliar, comportamento este que pode ser atribuído ao aumento da salinidade do solo com o tempo de cultivo, reduzindo, com isto, o potencial osmótico da solução do solo, diminuindo a disponibilidade de água às plantas e fazendo com que as culturas sofram uma redução progressiva no crescimento e produção, sempre que a concentração salina aumenta.

Franco *et al.* (1997) verificaram para diferentes cultivares de melão, que a área foliar diminuiu com a salinidade, embora os efeitos tenham diferido entre as cultivares. Folegatti e Blanco (2000) verificaram resultados similares em pepino, com redução na área foliar com o aumento da salinidade da água de irrigação.

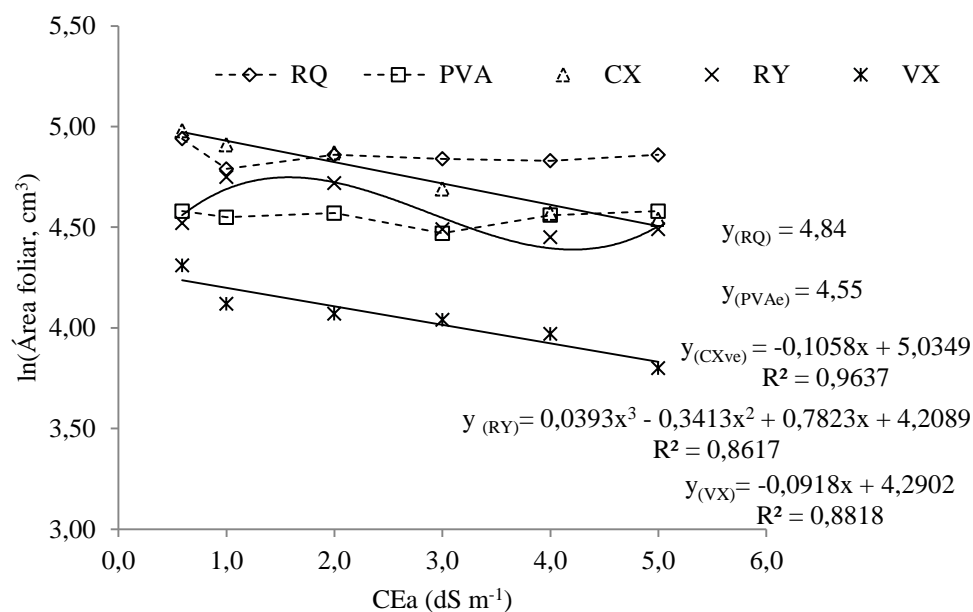


Figura 18. Área foliar do meloeiro em função da salinidade da água de irrigação em solos do agropólo Mossoró-Assu (Média das Épocas). Mossoró-RN, 2010

Os valores médios de área foliar no menor nível de salinidade ($0,59 \text{ dS m}^{-1}$) foram estatisticamente semelhantes para o RQ e CXve, os quais foram superiores ao PVAe, RY e VX que não diferiram entre si. Para o nível de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, os maiores valores de área foliar foram obtidos no RQ, CXve e RY, os quais não diferiram estatisticamente, seguidos por PVAe e VX, sendo este último o solo onde se observou menor valor para esta variável. No nível de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, verificou-se comportamento semelhante para todos os solos estudados, exceto para o VX, no qual se observou o menor valor de área foliar. No quarto nível salino, observou-se comportamento semelhante para o RQ e CXve, os quais não diferiram estatisticamente de PVAe e RY, e menores valores no VX. Para a salinidade de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, o RQ, PVAe e CXve apresentaram valores superiores e semelhantes entre si, seguidos pelo RY e VX, apresentando este último menor valor médio (Tabela 12).

Observou-se que com o aumento da salinidade da água de irrigação, os solos mais afetados pela salinidade foram os mais argilosos, nos quais foram observados menores valores de área foliar. Isso pode ter ocorrido em função do acúmulo de sais na superfície, uma vez que esses solos apresentam drenagem restrita, interferindo assim a absorção de água pela planta em função da diminuição do potencial osmótico da água no solo causado pelo excesso de sais.

Tabela 12. Área foliar do meloeiro em função do tipo de solo para cada nível de salinidade da água de irrigação. Mossoró, 2012

SOLOS	CE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO (dS m ⁻¹)					
	0,59	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
RQ	4,94 A	4,79 AB	4,86 A	4,84 AB	4,83 AB	4,86 AB
PVAe	4,58 B	4,55 B	4,57 A	4,47 B	4,56 AB	4,58 AB
CXve	4,98 A	4,91 AB	4,87 A	4,69 AB	4,57 AB	4,54 B
RY	4,52 B	4,75 AB	4,72 A	4,49 B	4,45 B	4,49 B
VX	4,31 B	4,12 C	4,07 B	4,04 C	3,97 C	3,80 C

Valores seguidos pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*Valores expressos em ln (área foliar, em cm²)

A área foliar cresceu segundo polinômio de 2º grau em todos os solos estudados, em que a taxa de crescimento foi crescente com o tempo. Isto é comum para as fases I e II das culturas. Sendo os valores máximos dessa variável observada ao final do período de avaliação em RQ e menores valores em VX (Figura 19).

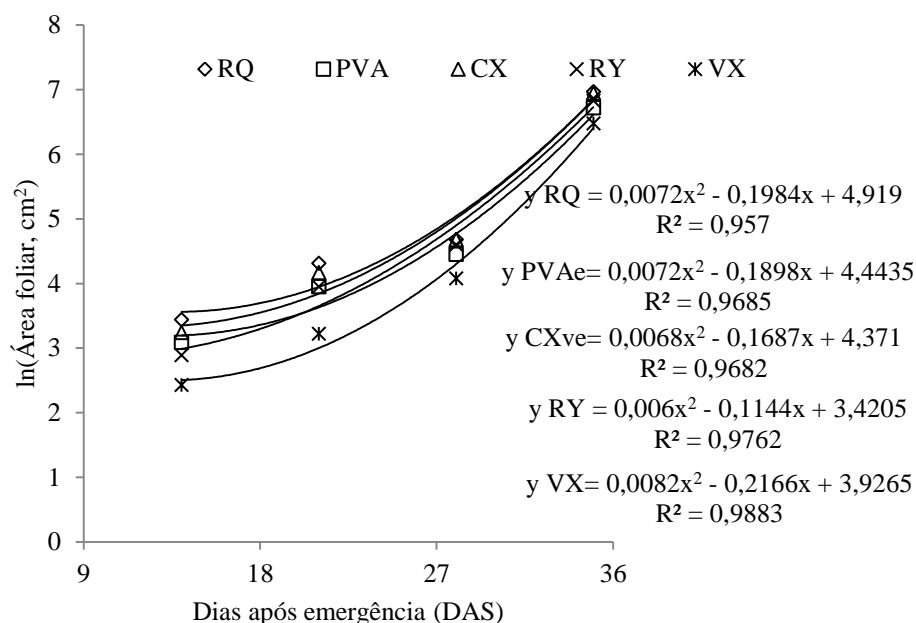


Figura 19. Área foliar do meloeiro em função da idade da planta em solos do agropólo Mossoró-Assu. Mossoró-RN, 2010

Na primeira época de avaliação de crescimento (9 DAS), os maiores valores médios de área foliar foram observados no RQ, o qual foi semelhante a PVAe e CXve, que não diferiram de RY e menor valor para VX. Aos 18 DAS, os maiores medias de área foliar foram obtidos em RQ e CXve, seguido de PVAe e RY, com menor valor observado no VX. Na terceira e quarta época de avaliação (27 e 36 DAS), o RQ, CXve e RY foram semelhantes e não diferiram de PVAe, sendo VX o solo no qual se observou menor valores de área foliar (Tabela 13).

Em todas as épocas de avaliações verificou-se uma tendência nos solos mais argilosos VX, RY e CXve apresentarem valores de área foliar mais reduzido, enfatizando o efeito da salinidade em solos com textura mais argilosa, o que pode ser explicado pela elevada CEes e drenagem restrita, resultando em menor eficiência da lâmina de lixiviação.

Tabela 13. Área foliar do meloeiro em função do tipo de solo em cada época de análise do crescimento. Mossoró-RN, 2010

SOLOS	ÉPOCAS DE ANÁLISE			
	9 DAE	18 DAE	27 DAE	36 DAE
RQ	3,44 AB	4,31 A	4,68 AB	6,97 AB
PVAe	3,09 BC	3,95 B	4,45 B	6,72 B
CXve	3,24 ABC	4,17 A	4,68 AB	6,95 AB
RY	2,89 C	3,95 B	4,60 AB	6,83 AB
VX	2,43 D	3,22 C	4,08 C	6,48 C

Valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.3 Condutância Estomática

A variação da condutância estomática (ge) no crescimento inicial do meloeiro para os diferentes tipos de solos e submetidos a diferentes níveis de salinidade é apresentada na Figura 14. Em geral, nota-se que os picos máximos de condutância para os diferentes tipos de solos ocorrem na maioria as 8h 00min da manhã, devido à baixa intensidade de radiação nesse horário e a irrigação diurna. E em seguida, esses valores caem bruscamente às 12h 00min para os solos RQ, CXvee RY devido á menor umidade do solo neste horário.

Observa-se que ocorreu redução na abertura dos estômatos, no período da tarde (16:00), em todos solos avaliados, mesmo com elevada intensidade de luz, principalmente nas plantas irrigadas com maiores níveis de CEa. Possivelmente, esse fato se deva ao mecanismo de regulação hídrica do meloeiro, quando submetido aos baixos potenciais hídricos no solo e/ou à alta demanda evapotranspirativa.

A condutância foi reduzida nas plantas nos solos RQ, PVAe, RY e VX pelo aumento na salinidade da água de irrigação (Figura 20A), quando comparadas á água de menor salinidade. Isto sugere que houve redução do fluxo de água da planta no sistema, devido provavelmente à concentração de sais na zona radicular, diminuindo o metabolismo vegetal. Resultados similares de declínio da taxa transpiratória pelo acréscimo de NaCl também foram encontrados em *Cucumis melo* (SOARES *et al.*, 2002), em *Psidium guayava* (TÁVORA *et al.*, 2001),

corroborando com os resultados deste trabalho. Percebe-se também que as plantas submetidas à condutividade de $0,59 \text{ dS m}^{-1}$ apresentaram valores de Condutância estomática na maioria das vezes superiores aos tratamentos submetidos ao estresse salino. Trabalhando com porta enxertos de café Conilon, Silva *et al.* (2010) constataram redução significativa da condutância estomática e resposta ao déficit hídrico.

Avaliando a condutância estomática em cada tipo de solo, verifica-se que houve maior efeito da salinidade nos solos RQ, CXve, VX, sendo esse efeito mais evidente nas leituras feitas pela manhã (FIGURA 20A, 20C e 20D). No VX, as plantas irrigadas com água de menor salinidade apresentaram os maiores valores ao longo do dia (FIGURA 20E). Este comportamento pode ser atribuído às características físico-químicas do VX, visto que o mesmo apresenta elevado teor de argila e reduzida taxa de lixiviação. Assim sendo, as plantas cultivadas neste tipo de solo apresentaram maior sensibilidade ao estresse salino.

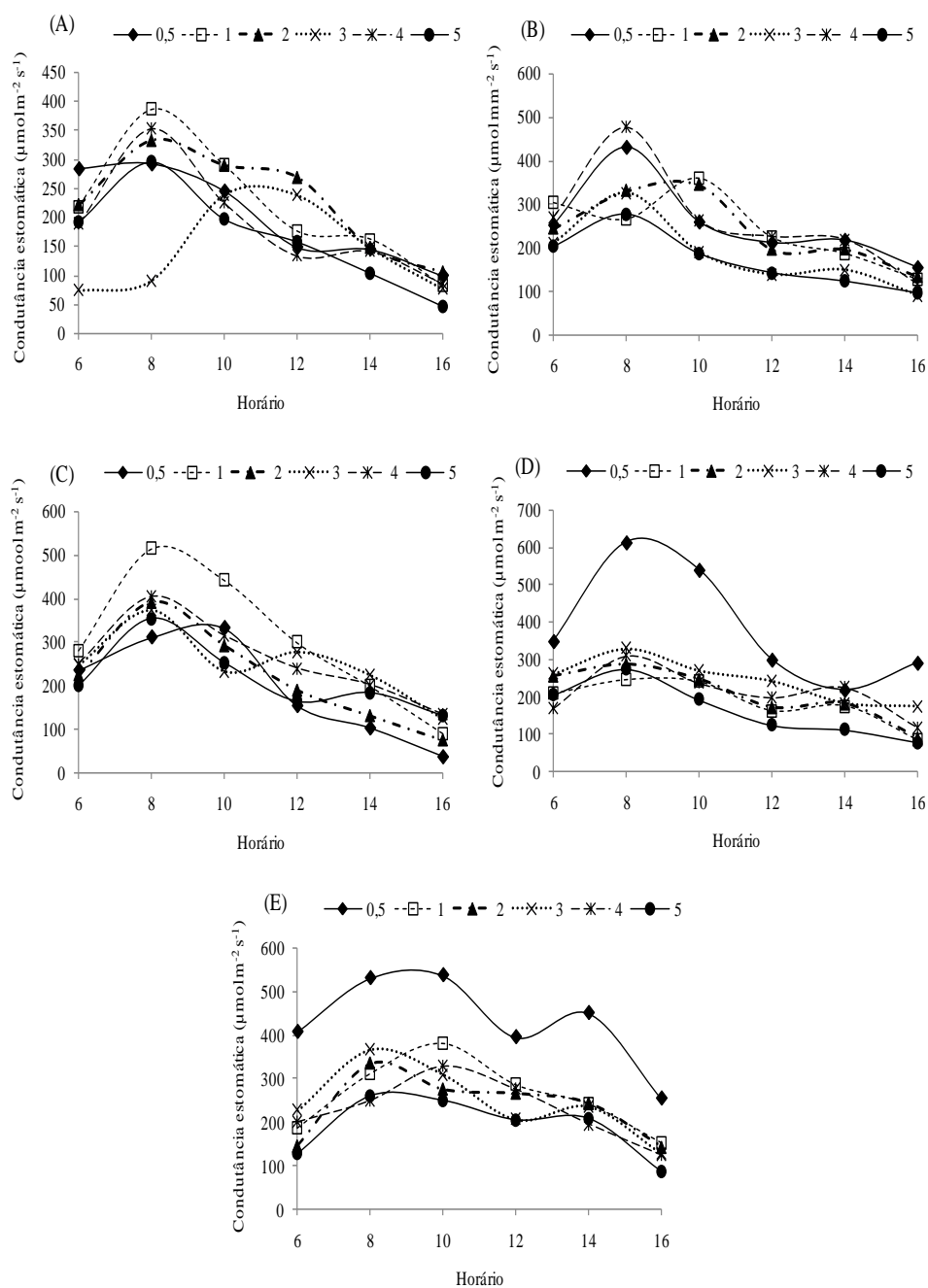


Figura 20. Condutância estomática na fase inicial do meloeiro cultivado em diferentes tipos de solo (A - RQ), (B - PVAe), (C - CXve), (D - RY) e (E - VX) e irrigados com água de diferentes níveis de salinidade aos 35 dias após a emergência.

CARACTERÍSTICAS AVALIADAS NO EXPERIMENTO II

5.4 Matéria Seca da Parte Aérea

Observou-se efeito significativo da interação entre os fatores solo e água, para a matéria seca da parte aérea das culturas do feijão e sorgo, efeito isolado do solo para as culturas do melão e milho, e dos níveis de salinidade da água de irrigação para cultura do milho e para o pimentão não significativo (Tabela 14). 1

Tabela 14. Valores de teste F e significância estatística para os teores de matéria seca das culturas melão, feijão, milho, sorgo e pimentão sob estresse salino em PVAe e CXve. Mossoró, 2010

FV	Melão	Feijão	Milho	Sorgo	Pimentão
Solo	22,354**	1,407 ^{ns}	4,763*	29,207**	3,773 ^{ns}
Água	2,824 ^{ns}	133,476**	22,663**	84,125**	1,819 ^{ns}
S x A	1,3685 ^{ns}	12,74**	3,262 ^{ns}	18,35**	0,196 ^{ns}
CV (%)	14,278	6,418	9,790	5,789	18,599 ^{ns}

**significativo a 1% de probabilidade,*significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo

O meloeiro apresentou maior valor médio de matéria seca no CXve. (Figura 15). Para cultura do feijoeiro no PVAe observou-se reduções nos teores de matéria seca apenas para o maior nível de salinidade, no entanto, no CXve ocorreram reduções em todos os níveis de salinidade (Tabela 15). Comparando-se os solos dentro de cada nível de salinidade, verifica-se que para a CEa de 0,59 dSm⁻¹, os maiores valores de matéria seca total foram obtidos no CXve, e para os demais níveis de salinidade ocorreu situação inversa, ou seja, as maiores médias foram obtidas no PVAe (Tabela 15).

Na cultura do sorgo, ocorreu redução na matéria seca no PVAe apenas para o nível mais salino (5,0 dS m⁻¹), enquanto, no CXve ocorreram reduções a partir do segundo nível de salinidade (2,75dS m⁻¹), o qual foi estatisticamente semelhante ao nível mais salino. Analisando-se os solos dentro de cada nível de salinidade,

observa-se semelhança estatística para o menor nível de salinidade e nos demais níveis as maiores médias foram obtidas no PVAe(Tabela 15).

Para as culturas do melão e milho, os maiores valores médios foram obtidos no CXve e PVAe, respectivamente. Para os níveis de salinidade ocorreram decréscimos de matéria seca na cultura do milho a partir do segundo nível (2,75dS m⁻¹), o qual foi estatisticamente semelhante ao nível mais salino, com redução total de 30,54% entre o maior e o menor nível de salinidade (Tabela 16)..

Para cultura do pimentão não houve influência significativa da salinidade da água de irrigação para os teores de matéria seca nos dois solos estudados.

Vários autores também verificaram redução na matéria seca de diferentes culturas em consequência do aumento da salinidade do meio, dos quais se citam Lima *et al.* (2007) e Oliveira *et al.* (2009).

Segundo Rhoades *et al.* (1992), o excesso de sais reduz o desenvolvimento da planta em razão do aumento de energia, que precisa ser desprendida para absorver água do solo, e ao ajustamento bioquímico necessário para sobreviver sob estresse.

Tabela 15. Valores médios de matéria seca da parte aérea em diferentes culturas sob estresse salino em PVAe e CXve. Mossoró, 2010

Culturas	Solo	CE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO (dS m ⁻¹)		
		0,59	2,75	5,00
Feijão	PVAe	20,38 b A	19,37 a A	13,08 a B
	CXve	23,46 a A	17,36 b B	10,15 b C
Sorgo	PVAe	17,23 a A	16,08 a A	13,12 a B
	CXve	18,35 a A	11,55 b B	10,15 b B

Valores seguidos pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 16. Valores médios de matéria seca da parte aérea do Melão, Milho e Pimentão em função do tipo de solo e da CEa. Mossoró, 2010

Solos	Culturas		
	Melão	Milho	Pimentão
PVAe	9,47 B	16,77 A	2,10 A
CXve	13,05 A	15,16 B	1,77 A
CEa			
0,59	12,32 A	19,32 A	2,07 A
2,75	11,33 A	15,15 B	2,03 A
5,00	10,12 A	13,42 B	1,71 A

Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.5 Área Foliar

Para a área foliar do meloeiro observou-se significância para para interação dos diferentes níveis de salinidade com as épocas de avaliação (Tabela 17).

Desdobrando os níveis de salinidade dentro de cada épocas de avaliação, observou-se diferença estatística apenas aos 33 DAE, com decréscimos de AF em função do aumento da salinidade, variando de 437,32 a 648,41 cm² para as CEa de 5,00 e 0,59 dS m⁻¹, respectivamente (Tabela 18).

O desenvolvimento do meloeiro foi caracterizado por crescimento inicial lento até os 26 DAE nos diferentes níveis de salinidade(Figura 21). Na cultura do meloeiro, a elevada concentração de sais no solo e na água ocasionam modificações morfológicas, estruturais e metabólicas e inibem seu crescimento e desenvolvimento, reduzindo a percentagem de massa seca das plantas (SIVRITEPE *et al.*, 2003), evidenciando que quanto maior a salinidade da água de irrigação menor a área foliar, tornado esse decréscimo evidente com o tempo devido ao acúmulo de sais no solo, fazendo com que a lavagem de sais no solo uma prática de manejo eficiente.

Tabela 17. Valores de teste F e significância estatística para o crescimento inicial do meloeiro sob estresse salino em solos do agropólo Mossoró-Assu em quatro épocas de coleta. Mossoró, 2010

FV	GL	AF
Solo	1	3,94 ^{ns}
Água	2	4,54*
Solo x Água	2	1,27 ^{ns}
Erro (A)	12	
Época	3	275,08**
Solo x Época	6	0,47 ^{ns}
Água x Época	3	2,89*
Solo x Água x Época	6	1,15 ^{ns}
Erro (B)	36	
CV (%)		33,9

**significativo a 1% de probabilidade,*significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo

Tabela 18. Área foliar do meloeiro em função da salinidade da água de irrigação em cada época de análise do crescimento. Mossoró-RN, 2010

Níveis de Salinidade	ÉPOCAS DE ANÁLISE			
	12 DAE	19 DAE	26 DAE	33 DAE
0,59	22,28 a	62,3 a	140,81 a	648,41 a
2,75	17,18 a	65,54a	112,91a	536 b
5,00	18,88a	39,56 a	97,65 a	457,32 c

Valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

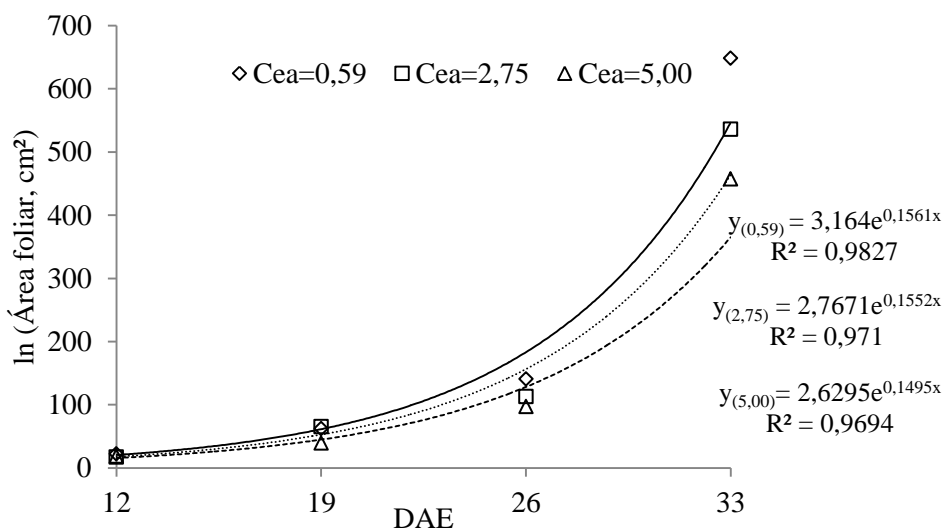


Figura 21. Área foliar do meloeiro sob estresse salino em diferentes épocas de avaliação. Mossoró-RN, 2010

Na cultura do feijoeiro observou-se efeito significativo da interação solo-água-época sobre a AF (Tabela 15). Desdobrando-se a interação água-solo observou-se no PVAe decréscimos de AF em função do aumento da salinidade da água de irrigação, enquanto no CXve os maiores valores foram observados no nível de menor salinidade e nos demais foram semelhantes. Em 0,59 dS m⁻¹ a AF foi semelhantes nos dois solos, em 2,75 dS m⁻¹ foi maior no PVAe e em 5,00dS m⁻¹ os maiores valores foram observados em CXve (Tabela 20). Desdobrando os níveis de salinidade dentro de cada época de avaliação, observou-se diferença significativa entre as CEa a partir 33 DAE, quando houve redução da AF com o aumento da salinidade da água de irrigação (Tabela 21). Não houve ajuste de modelo matemático que explicasse o comportamento biológico da área foliar do feijoeiro em função do estresse salino.

Os valores de área foliar no feijoeiro foram crescentes até os 33 DAE em todos os níveis de salinidade, com reduções aos 40 DAE. Esse comportamento pode ser explicado devido a uma possível senescência de foliar, em virtude da mudança do estágio de desenvolvimento da planta. Reduções na área foliar do

feijoeiro sob estresse salino também foram observadas por O'Learly (1971), Sousa (1995) e Silva (1998).

Tabela 19. Valores de teste F e significância estatística para área foliar do feijoeiro, milho, sorgo e pimentão sob estresse salino em solos do agropólo Mossoró-Assu em cinco épocas de coleta. Mossoró, 2010

FV	GL	Feijoeiro	Milho	Sorgo	Pimentão
Solo	1	0,1 ^{ns}	0,02**	24,1**	34,82 ^{ns}
Água	2	75,31**	45,29**	3,26*	151,77**
S x A	2	8,05**	9,48**	0,48 ^{ns}	26,31**
Erro (A)	12				
Época	4	2848,58**	8508,91**	372,36**	161,96**
S x E	8	1,16 ^{ns}	82,32**	1,66 ^{ns}	96,99**
A x E	4	50,71**	51,9**	0,85 ^{ns}	31,37**
S x A x E	8	5,54**	10,82**	0,32**	25,57**
Erro (B)	48				
CV (%)		10,6	4,1	18,4	13,90

**significativo a 1% de probabilidade,*significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo

Tabela 20. Valores médios de área foliar das em culturas do feijão, milho e pimentão sob estresse salino em PVAe e CXve. Mossoró, 2010

Culturas	Solo	CE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO (dS m ⁻¹)		
		0,59	2,75	5,00
Feijão	PVAe	2075,91 Aa	1823,75 Ba	1344,55 Cb
	CXve	2021,85Aa	1684,95 Bb	1573,95 Ba
Milho	PVAe	877,54 Aa	885,1 Aa	747,86 Bb
	CXve	907,13 Aa	819,9 Bb	788,22 Ba
Pimentão	PVAe	317,87 Ab	273,77 Ba	242,89 Ca
	CXve	462,92 Aa	253,22 Ba	178,92 Cb

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna e não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 21. Área foliar do feijoeiro em função da salinidade da água de irrigação em cada época de análise do crescimento. Mossoró-RN, 2010

CE (dS m ⁻¹)	ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO				
	12 DAE	19 DAE	26 DAE	33 DAE	40 DAE
0,59	240,6a	573,7a	1105,4a	7201,9a	1122,8 a
2,75	238,5a	616,1a	1086,1a	5782,6b	1048,4 a
5,00	256,7a	558,8a	913,8 a	4701,8c	847,2 b

Valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para área foliar da cultura do milho verificou-se efeito significativo da interação solo-água-época(Tabela19). No PVAe os maiores valores foram observados em 0,59 e 2,75 dS m⁻¹ e os menores valores no nível de 5,00 dS m⁻¹, para o CXve observaram-se nos níveis de 2,75 e 5,00 dS m⁻¹ valores estatisticamente semelhantes e inferiores a 0,59 dS m⁻¹. Considerando-se os níveis de salinidade,em 0,59 dSm⁻¹os valores foram estatisticamente semelhantes para os dois solos, enquanto na CE de 2,75 dS m⁻¹, o maior valor foi no PVAe e para 5,00 dS m⁻¹ no CXve (Tabela 20).Observou-se que as plantas de milho apresentaram crescimento exponencial até os 40 DAE independente do nível de salinidade (Figura 22).

Totawat e Mehta (1985) trabalhando com genótipos de milho e sorgo, verificaram que a AF de ambas as espécies foi influenciadas negativamente pelo estresse salino. Em 12,0 dS m⁻¹ de condutividade elétrica, as plantas de milho e sorgo tiveram sua AF reduzida em 46 e 60 %, respectivamente.

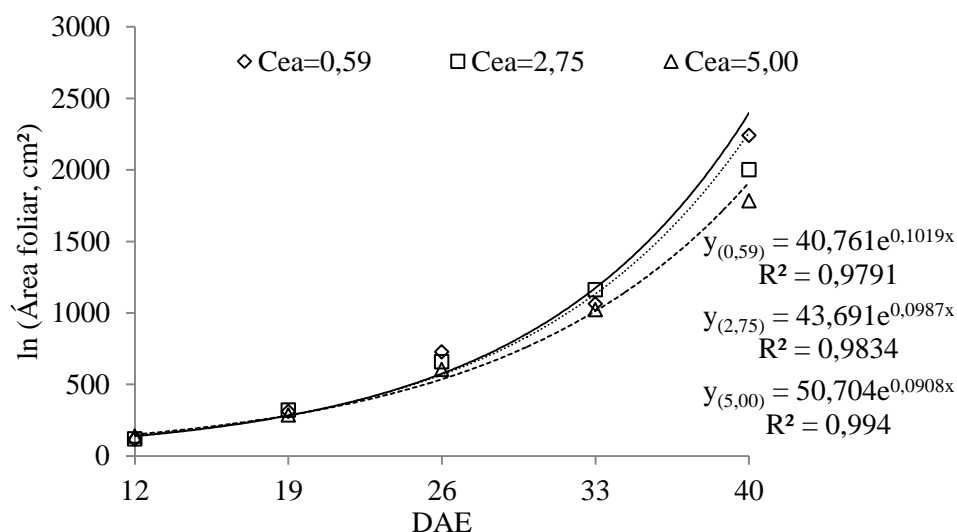


Figura 22. Área foliar do milho sob estresse salino em diferentes épocas de avaliação. Mossoró-RN, 2010

Para a cultura do sorgo verificou-se efeito isolado entre os solos, os níveis de salinidade e épocas de coleta (Tabela 19). Os maiores valores médios de área foliar foram observados em CXve. Em relação aos níveis de salinidade, observou-se decréscimos de área foliar com o aumento da salinidade (Tabela 22). A cultura do sorgo apresentou crescimento de área foliar exponencial em função das épocas de avaliação (Figura 23).

Tabela 22. Valores médios de área foliar na cultura do sorgo em PVAe e CXve sob estresse salino. Mossoró, 2010

SOLOS		
PVAe	CXve	
883,74 B	1159,42 A	
CE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO (dS m ⁻¹)		
0,59	2,75	5,00
1108,094 A	1024,156 AB	932,48 B

Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

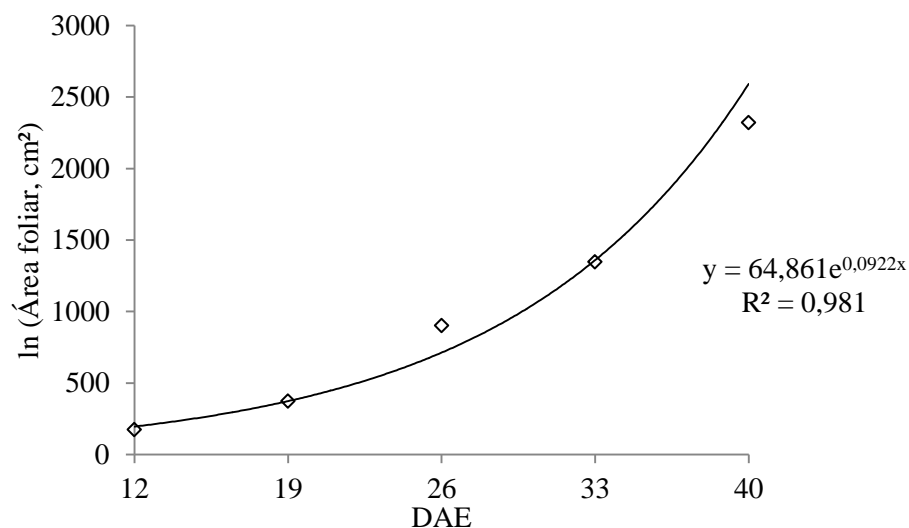


Figura 23. Área foliar da cultura do sorgo em função em cada época de análise do crescimento. Mossoró-RN, 2010

Observou-se efeito significativo para interação época-solo-água para a área foliar da cultura do pimentão (Tabela 19). Desdobrando-se a interação solo-água verifica-se que para os dois tipos de solos ocorreram reduções de área foliar com o aumento da salinidade. Através do desdobramento dos solos para cada nível de salinidade, observou-se que em $0,59 \text{ dS m}^{-1}$ o CXve apresentou maior valor, em $2,75 \text{ dS m}^{-1}$ não houve diferença significativa, enquanto em $5,00 \text{ dS m}^{-1}$ o PVAe apresentou maior valor médio (Tabela 20).

Para o desdobramento dos solos em cada época de avaliação, é possível observar que aos 12 DAE não foram verificadas diferenças entre os tipos de solo. Aos 19 e 26 DAE o PVAe apresentou maiores valores médios, enquanto aos 33 e 40 DAE ocorreu situação inversa, ou seja, o CXve proporcionou maiores incrementos em AF (Tabela 23)

Desdobrando as épocas de avaliação para cada tipo de solo, observou-se crescimento exponencial em ambos os solos. Apesar do CXve apresentar menor AF até os 33 DAE, neste solo verificou-se maior velocidade de crescimento

durante as épocas de avaliação atingido maior valor médio aos 40 DAE (Figura 24).

Tabela 23. Área foliar do pimentão em função do tipo de solo e salinidade da água de irrigação em cada época de análise do crescimento. Mossoró-RN, 2010

Solos	ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO				
	12 DAE	19 DAE	26 DAE	33DAE	40DAE
PVAe	62,86 a	240,9 a	334,4 a	312b	440,7 b
CXve	38,57 a	180,1 b	248,1 b	337,1 a	553,3 a
CEa	12 DAE	19 DAE	26 DAE	33DAE	40DAE
	0,59	79,01 A	261,58 A	402,18 A	403,48 A
	2,75	53,75 A	198,75 B	250,86 B	346,63 B
	5,00	39,26 A	171,17 B	220,71 B	280,50 C

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

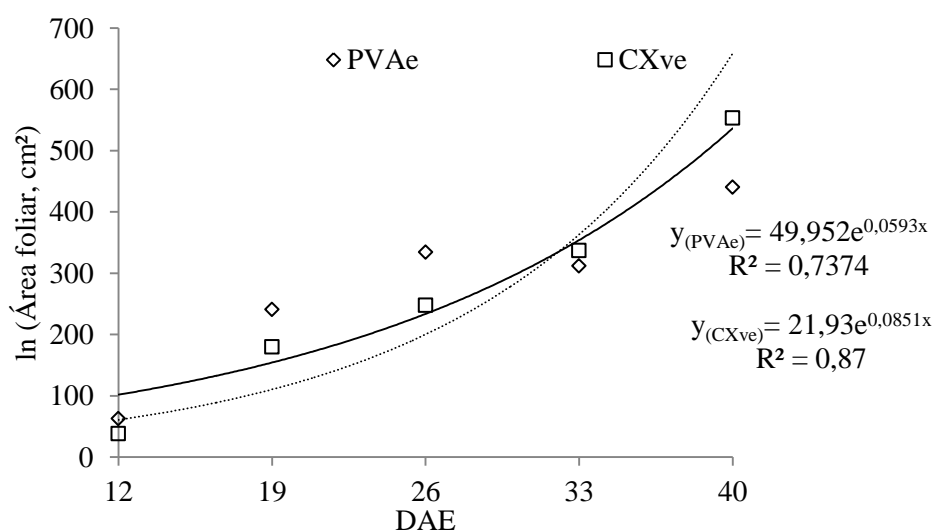


Figura 24. Área foliar do pimentão cultivado em PVAe e CXve em diferentes épocas de avaliação. Mossoró-RN, 2010

Através do desdobramento dos níveis de salinidade dentro de cada época de avaliação, não se observou diferença significativa aos 12 DAE, aos 19 e 26 DAE em 0,59 dS m⁻¹ foram verificados maiores médios de área foliar, enquanto 2,75 e 5,00 dS m⁻¹ não diferiram entre si. Aos 33 e 40 DAE houve reduções nos

valores de AF com o aumento da salinidade (Tabela 22). A área foliar apresentou comportamento semelhante, em todos os níveis de salinidade, com crescimento exponencial, atingindo valores máximos aos 40 DAE (Figura 25).

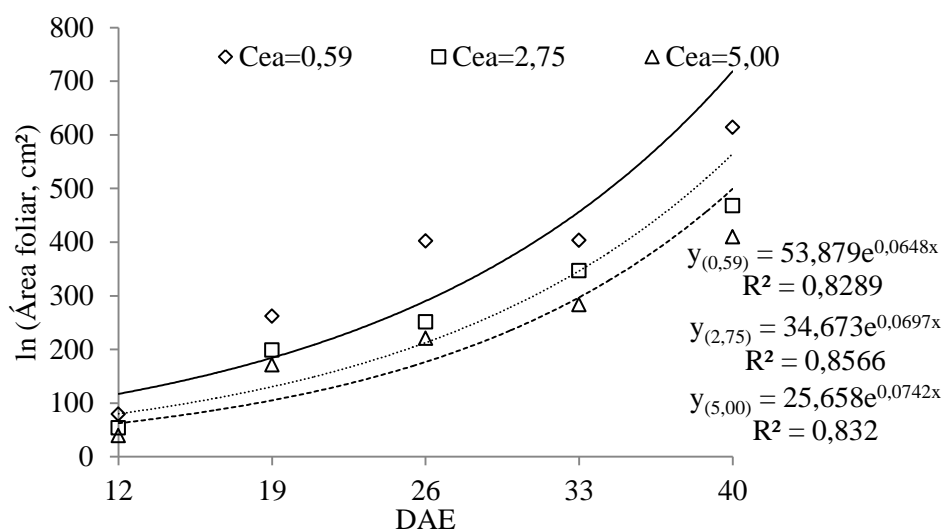


Figura 25. Área foliar do pimentão sob estresse salino em diferentes épocas de avaliação. Mossoró-RN, 2010

5.6 TEORES DE ELEMENTOS MINERAIS NAS FOLHAS

5.6.1 Cultura do Melão

Quanto aos teores de elementos minerais nas folhas do meloeiro, observou-se efeito significativo da interação solo x água para os teores de K, Na, N, Ca, Mg e Zn. Para P, Cu, Mn e Fe, ocorreram efeitos isolados para os tipos de solo e os níveis de salinidade da água de irrigação (Tabela 24).

Tabela 24. Valores de teste F e significância estatística para os teores de elementos minerais em folhas de meloeiro sob estresse salino em dois tipos de solos. Mossoró, 2012

FV	GL	P	K	Na	N	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
Solo	1	17,60**	23,30**	658,6**	49,17**	256,7**	15,93**	25,89**	283,0**	4,81*	3,22 ^{ns}
Água	2	75,9**	19,73**	71,01**	0,15*	41,74**	2,77 ^{ns}	9,20**	6,02*	54,56**	36,74**
S X A	2	0,628 ^{ns}	4,34*	8,55**	15,19**	17,07**	5,59*	2,04 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}	6,47*
Res.	12										
CV (%)	-	7,15	7,56	7,16	5,79	6,49	14,13	6,83	10,81	2,66	3,70

**significativo a 1% de probabilidade,*significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo

Quanto aos teores de K, nos níveis de salinidade 0,59 e 2,75 dS m⁻¹ não foram observados diferenças para os dois solos observados, sendo os maiores valores obtidos na salinidade de 5,0 dS m⁻¹. Desdobrando os níveis de salinidade para cada tipo de solo observou-se no PVAe e CXVe que o maior valor foi obtido pelo maior nível de salinidade e para os demais foram estatisticamente semelhantes (Tabela 25). Os resultados obtidos neste trabalho discordam de Sousa (2007) que não observou influência da salinidade nos teores de K.

Para os teores de Na observou-se que o CXVe apresentou maiores valores em todos os níveis de salinidade. No PVAe, verificou-se maior valor no maior nível (5,0 dSm⁻¹) e nos demais não houve diferença. Para o CXVe observou-se teores de Na crescentes em função do aumento de salinidade (Tabela 25). Altas concentrações do íon sódio pode inibir a absorção de K pelas plantas, através do antagonismo entre estes dois íons, bem como poderá ocorrer o vazamento do íon potássio quando há a substituição do Na pelo Ca nas membranas celulares (MARSCHNER, 1995). Na realidade alguns autores têm observado a existência de múltiplos sistemas de absorção com diferentes seletividades para K e Na o que pode refletir a necessidade da planta para coordenar o influxo desses cátions (SCHACHTMAN; LIU, 1999).

Os teores de N foram semelhantes estatisticamente para cada nível de salinidade nos dois solos estudados. Para o PVAe, o maior valor de N foi obtido no nível intermediário, já que para o CXVe o maior valor foi encontrado no maior nível e os demais foram estatisticamente semelhantes (Tabela 25). Dessa forma, verifica-se que os teores médios de N obtidos nos diferentes níveis de salinidade são considerados adequados para nutrientes nas folhas de meloeiro em relação aos sugeridos por Malavolta *et al*, (1997), que consideram o teor total de 30 g kg⁻¹ de N.

Os teores de Ca foram maiores no CXVe em todos os níveis analisados. No PVAe, o maior teor foi observado no menor nível de salinidade e os demais foram semelhantes; no CXVe, o maior valor foi verificado no maior nível, e os demais foram estatisticamente semelhantes (Tabela 25). Esse aumento do Ca nas folhas do

meloeiro pode ser explicado pela predominância de sais de Ca na água de irrigação, especialmente nas plantas irrigadas com água com maior nível de salinidade.

Para os teores de Mg, observa-se maiores valores para o CXVe em todos os níveis avaliados. No PVAe, o maior nível foi obtido no maior nível de salinidade e nos demais não houve diferença; para o CXVe, os valores não diferiram entre os níveis de salinidade (Tabela 25). O aumento nos teores de Mg em função da salinidade pode ser explicado pelo efeito concentração, devido ao menor acúmulo de matéria seca, a taxa de absorção de nutrientes é mais rápida que seu crescimento.

Para o Zn, verifica-se que o CXVe apresentou valor superior apenas no menor nível e nos demais foram estatisticamente semelhantes. Desdobrando os níveis de salinidade para cada tipo de solo verificou-se que os teores de Zn aumentaram em função da salinidade, para os dois solos estudados (Tabela 25). Mesmo os teores dos micronutrientes sendo afetado pela salinidade da água de irrigação, ainda assim encontram-se dentro da faixa e teores considerados adequados de micronutrientes, segundo o Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes (EMBRAPA, 2009).

Para os teores de P, a maior média foi obtida no CXVe (Tabela 26), e para os níveis de salinidade, observou-se aumento desse nutriente em função do aumento da condutividade elétrica (Tabela 25). Segundo Navarro (2001), o aumento dos teores de P em plantas sob estresse salino pode ser consequência do aumento da absorção desse nutriente pela raiz em consequência do estresse.

Os teores de Cu foram maiores no CXVe (Tabela 26). Analisando-se os níveis de salinidade observa-se que os teores desse nutriente foram menor no nível de salinidade de $0,59 \text{ dS m}^{-1}$, e semelhante nos demais (Tabela 26).

Os teores de Mn nas folhas do meloeiro foram maiores no CVXe (Tabela 26). Nos níveis de salinidade de $2,75$ e $5,00 \text{ dS m}^{-1}$, foram semelhantes entre si e menor no nível menos salino (Tabela 26), evidenciando o efeito concentração desse nutriente.

Quanto aos teores de Fe, os maiores valores foram observados em PVAe (Tabela 25). Entretanto, analisando-se os níveis, observou-se comportamento crescente em função do aumento de sais na água de irrigação (Tabela 26).

Os teores de Ca, Mg, e Cu encontram-se abaixo da faixa recomendada pela Embrapa (2009) para cultura do meloeiro.

As plantas irrigadas com águas mais salinas, geralmente acumulam mais macro e micronutrientes nas folhas, o que ocorre para possibilitar uma maior absorção de água para a planta, no entanto, como a área foliar sob estresse salino é reduzida, a produção não é aumentada.

Tabela 25. Teores de elementos minerais nas folhas do meloeiro durante o período de floração em função do tipo de solo e da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012

	Salinidade da água de irrigação (dS m ⁻¹)		
	0,59	2,75	5,00
Solos	----- K (g kg⁻¹) -----		
PVAe	38,40Ab	42,72Ab	54,63Aa
CXVe	35,52Aa	37,27Aa	41,43Ba
	----- Na (g kg⁻¹) -----		
PVAe	3,00Bb	3,28Bb	5,40Ba
CXVe	7,60Ac	10,00Ab	11,93Aa
	----- N (g kg⁻¹) -----		
PVAe	39,14 Ab	44,92 Aa	38,27 Ab
CXVe	34,54 Aab	30,04 Ab	36,39 Aa
	----- Ca(g kg⁻¹) -----		
PVAe	10,43Ba	8,35Bb	8,38Bb
CXVe	17,31Aa	11,25Ab	16,34Aa
	----- Mg (g kg⁻¹) -----		
PVAe	1,92Bb	2,41Aab	3,18Aa
CXVe	3,54Aa	3,05Aa	3,23Aa
	----- Zn (mg kg⁻¹) -----		
PVAe	27,09Bc	32,35Ab	35,15Aa
CXVe	30,96Ab	32,07Aab	34,60Aa

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 26. Teores de P, Cu, Mn e Fe em PVAe e CXve e em função dos níveis de salinidade. Mossoró, 2012

Solos	P (g kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)
PVAe	3,02 B	8,09 B	64,95 B	283,03 A
CXve	3,48 A	9,53 A	162,38 A	275,34 B
Níveis de Salinidade (dS m ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Mn(mg kg ⁻¹)	Fe(mg kg ⁻¹)
0,59	2,47 C	8,00 B	100,27 B	256,33 C
2,50	3,17 B	8,97 A	116,23 A	280,09 B
5,00	4,12 A	9,47 A	124,48 A	301,14 A

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

5.6.2 Cultura do Feijão

Na cultura do feijoeiro, observou-se efeito significativo da interação dos solos com os diferentes níveis de salinidade, para P, K, Na, N, Ca, Cu, Mn e Zn. Os teores de Fe foram significativos apenas para os solos (Tabela 27).

Tabela 27. Valores de teste F e significância estatística para os teores de elementos minerais em folhas de feijoeiro sob estresse salino em dois tipos de solos. Mossoró, 2012

FV	GL	P	K	Na	N	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
Solo	1	54,35**	4,32 ^{ns}	158,9**	2,453 ^{ns}	15,60**	158,4**	29,88**	467,7**	6,91*	15,54**
Água	2	36,42**	9,25**	145,4**	7,62*	5,42**	135,8**	1,931 ^{ns}	32,01**	1,66 ^{ns}	17,59**
S X A	2	9,77**	5,42*	31,91**	4,83**	10,81**	85,45**	7,18**	31,42**	0,11 ^{ns}	85,18**
Res.	12										
CV (%)	-	8,455	7,10	5,89	6,48	7,88	5,03	6,97	5,35	12,11	2,28

**significativo a 1% de probabilidade,*significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo

Os teores de P foram estatisticamente semelhantes para os níveis de 2,75 e 5,00 dS m⁻¹, e menor na CE de 0,59 dS m⁻¹ para o PVAe, e no CXve foi maior no nível mais salino e semelhantes em 0,59 e 2,75 dS m⁻¹. Desdobrando os solos dentro cada nível, verifica-se que no PVAe comportamento semelhantes nos níveis de 0,59 e 5,00 dS m⁻¹, nos quais os maiores valores desse elemento foram observados em CXve e no nível de 2,75 dS m⁻¹ não se observou diferença estatística entre os solos (Tabela 28). Resultados semelhantes foram observados por vários autores (LEVITT, 1980; MAAS, GRIEVE, 1987 e LACERDA, 1995). Esses resultados evidenciam a necessidade de cautela na realização de adubação fosfatada em ambiente salino, pois o nível ótimo deste nutriente para a produção vegetal na ausência de sais pode ser tóxico pra algumas plantas cultivadas em ambiente salino (NIEMAM e CLARK, 1976; GRATTAN, MAAS, 1984).

Para o K, não houve diferença estatística para os níveis de salinidade no PVAe, enquanto, em CXve o maior valor foi observado no menor nível de salinidade e nos demais não se observou diferença estatística. Nos níveis de salinidade de 0,59 e 2,75 dS m⁻¹ os teores de K foram semelhantes nos dois solos, enquanto no maior nível da salinidade o valor de K foi maior no PVAe em relação ao CXve (Tabela 28). Os resultados encontrados no presente trabalho para o PVAe, corroboram com Sousa (2006), que não verificaram influência da salinidade para os teores de K, entretanto, Costa *et al.* (2003) e Silva *et al.* (2003) observaram aumento de K em condições de estresse salino em feijão-de-corda, assim como verificado para CXve. Esses resultados sugerem que o aumento desse nutriente em condições de salinidade pode estar relacionado ao tipo de solo, uma vez que os efeitos da salinidade são mais evidentes em solos mais argilosos.

Os teores de Na foram semelhantes em 0,59 e 2,75 dS m⁻¹ e superior em 5,0 dS m⁻¹ nos dois solos estudados. Em todos os níveis de salinidade, os maiores valores de Na foi observado em CXve, pelo maior acúmulo de sais (Tabela 28). Os altos valores de sódio, nos tratamentos mais salinos podem ser justificados pela composição iônica da água de irrigação.

Quanto ao N, no PVAe o menor valor foi observado em 0,59 dS m⁻¹ e nos demais níveis foram estatisticamente semelhantes, comportamento inverso ao

obtido para CXve onde o menor nível apresentou teores de N superiores e nos em 0,59 e 2,75 dS m⁻¹ foram semelhantes entre si. Nos níveis de 0,59 e 2,75 dS m⁻¹ não se observou diferença estatística, entretanto, no nível mais salino o PVAe apresentou maiores valores de N superiores ao CXve (Tabela 28).

Os maiores valores de Ca no PVAe foi observado em 2,75 e 5,00 dS m⁻¹, o qual não diferiu estatisticamente do nível menos salino, e no CXve, o menor valor foi observado no nível mais salino, e os demais não diferiram estatisticamente. Para o menor nível de salinidade, o menor valor de Ca foi obtido em PVAe, e nos demais níveis não se observou diferença estatística (Tabela 28). Para o PVAe que possui pouco Ca na sua composição, a adição desse elemento pela água, em valores não muito elevados, incrementam os valores de Ca nos tecidos foliares. Como o CXve tem muito Ca, mais na presença de sais, a planta não consegue acumular este elemento na folha. Em seus trabalhos, Garcia *et al.* (2007), em condições de casa de vegetação e Sousa *et al.* (2010) e Neves *et al.* (2009) em condições de campo, verificaram aumento da concentração de Ca na parte aérea de plantas de milho e feijão-de-corda, respectivamente, cultivadas em ambientes salinos.

No PVA, os teores de Mg cresceram a medida que se aumentou a CE da água de irrigação e no CXVe o menor valor foi observado no nível menos salino, mesmo não diferindo estatisticamente do nível de 2,75 dS m⁻¹. Em 0,59 dS m⁻¹, não se observou diferença estatística entre os dois solos, entretanto, nos níveis de 0,59 e 2,75 dS m⁻¹ os maiores teores de Mg foram observados em PVAe (Tabela 28).

Os teores de Cu no PVAe foram menores no nível de menor salinidade e semelhante nos demais, equanto no CXve não se observou diferença estatística entre os níveis da salinidade. Para os níveis de 0,59 e 2,75 dS m⁻¹ o CXve apresentou maiores valores em relação ao PVAe, e no nível de salinidade mais elevada, não houve diferença entre os dois tipos de solos (Tabela 28).

Quanto aos teores de Mn, não se observou diferença estatística para o PVAe e no CXve esse nutriente aumentou em função do aumento da CE da água de irrigação. Desdobrando os níveis de salinidade para cada solo, observa-se que o PVAe foi superior ao CXve em todas as concentrações (Tabela 28).

Em relação ao Zn, observa-se que esse nutriente cresceu em função do aumento da salinidade para o PVAe e, no CXve o maior valor foi obtido em 0,59 dS m⁻¹ e o menor em 2,75 dS m⁻¹. Para o nível menos salino, o maior valor foi observado em CXve e nos demais, os maiores valores desse nutriente foram observados em PVAe (Tabela 28).

Os teores de Fe foram maiores em PVAe (Tabela 29), o que é justificado pela maior quantidade desse elemento no PVAe em relação ao CXve (Tabela 3).

O K, N, Ca e Mg apresentaram valores no tecido foliar abaixo dos considerados ideais para cultura do feijoeiro (EMBRAPA, 2009).

Tabela 28. Teores de elementos minerais nas folhas do feijoeiro durante o período de floração em função do tipo de solo e da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012

	Salinidade da água de irrigação (dS m ⁻¹)		
	0,59	2,75	5,00
Solos	-----	P (g kg⁻¹) -----	
PVAe	2,30Bb	4,28 Aa	3,9 Ba
CXVe	3,98 Ab	4,46 Ab	5,65 Aa
	-----	K (g kg⁻¹) -----	
PVAe	12 Aa	11,43Aa	11,63Aa
CXVe	12,84Aa	10,42Ab	9,45Bb
	-----	Na (g kg⁻¹) -----	
PVAe	0,56 Bb	0,62 Bb	0,80Ba
CXVe	0,70Ab	0,79 Ab	1,32 Aa
	-----	N (g kg⁻¹) -----	
PVAe	27,92 Ab	25,75 Aa	28,33 Aa
CXVe	29,70 Aa	24,38 Ab	24,00Bb
	-----	Ca (g kg⁻¹) -----	
PVAe	9,72 Bb	13,17Aa	11,78 Aab
CXVe	14,56 Aa	13,88 Aa	11,71 Ab
	-----	Mg (g kg⁻¹) -----	
PVAe	1,31 Ac	2,25Ab	2,90Aa
CXVe	1,45 Ab	1,72 Bab	1,61Aa
	-----	Cu (mg kg⁻¹) -----	
PVAe	9,08Bb	11,03Ba	11,66Aa
CXVe	13,13Aa	12,66Aa	12,25Aa
	-----	Mn (mg kg⁻¹) -----	
PVAe	138,98 Aa	133,3 Aa	139,20 Aa
CXVe	52,20 Bc	78,27 Bb	104,77 Ba
	-----	Zn (mg kg⁻¹) -----	
PVAe	36,95 Bc	41,98Ab	44,93Aa
CXVe	43,25 Ab	36,12Bc	39,37 Ba

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 29. Teores foliares de Fe em PVAe e CXve feijoeiro durante o período de floração . Mossoró-RN, 2012

Solos	Fe (mg kg ⁻¹)
PVAe	227,55 A
CXve	195,77 B

Médias seguidas pela mesma letra, nas coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.6.3 Cultura do Milho

Para os teores de elementos minerais nas folhas do milho, verifica-se efeito significativo da combinação entre os solos e as CE da água de irrigação para K, Cu, Mn, Fe e Zn. Para o P e N houve efeito de solo, em Na observou-se efeito isolado dos solos e dos níveis de salinidade, e no Mg foi influenciado apenas pela salinidade da água de irrigação (Tabela 30).

Tabela 30. Valores de teste F e significância estatística para os teores de elementos minerais em folhas da cultura do milho sob estresse salino em dois tipos de solos. Mossoró, 2012

FV	GL	P	K	Na⁺	N	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
Solo	1	120,7 ^{**}	25,30 ^{**}	7,60 [*]	35,67 ^{**}	0,29 ^{ns}	0,739 ^{ns}	1,67,0 ^{**}	205,2 ^{**}	26,10 ^{**}	6,55 [*]
Água	2	1,00 ^{ns}	35,48 ^{**}	11,91 ^{**}	1,042 ^{ns}	0,11 ^{ns}	7,10 ^{**}	61,67 ^{**}	101,2 ^{**}	9,88 ^{**}	29,85 ^{**}
S X A	2	0,04 [*]	13,22 ^{* *}	0,49 ^{ns}	0,206 ^{ns}	4,11 [*]	1,55 ^{ns}	22,10 ^{**}	32,2 ^{**}	7,74 ^{**}	11,82 ^{**}
Res.	12										
CV (%)	-	7,06	5,51	10,70	6,81	11,01	5,03	5,63	4,54	5,41	6,11

^{**}significativo a 1% de probabilidade, ^{*}significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo

Não se observou diferença estatística nos teores de K para o PVAe e no CXve foi menor no nível de menor salinidade e nos demais estatisticamente semelhante. No nível de $0,59 \text{ dS m}^{-1}$, não se observou diferenças entre os solos utilizados e nos níveis $2,75$ e $5,00 \text{ dS m}^{-1}$ observou-se maiores valores no CXve (Tabela 31). Os maiores valores de K em CXve ocorrem devido a maior quantidade desse elemento neste tipo de solo em relação ao PVAe (Tabela 3). Maiores concentrações de K em função do aumento da salinidade também foi observado por Silva Júnior *et al.* (2012). O aumento na concentração de K, ocorre porque a absorção no período inicial de crescimento é alta, resultando em maior acúmulo nos tecidos vegetais.

Os teores de Cu no PVAe foram maiores em $2,75$ e $5,00 \text{ dS m}^{-1}$, porém não diferiu estatisticamente do valor obtido em $0,59 \text{ dS m}^{-1}$, no CXve o menor valor foi observado no nível menos salino e nos demais níveis foram semelhantes. No menor nível da salinidade não se observou diferença estatística, para os demais níveis, os valores desse micronutriente foram maior em CXve (Tabela 31).

O Mn decresceu em função do aumento da salinidade no PVAe, enquanto, no CXve o menor valor foi observado no menor nível de salinidade e nos demais níveis foram semelhantes. Nos níveis $0,59$ e $2,75 \text{ dS m}^{-1}$, o CXve apresentou valores superiores, e no maior nível (5 dS m^{-1}) foram semelhantes nos dois solos (Tabela 31). Maiores valores de Mn em CXve é resultado da maior concentração desse elemento em relação ao PVAe.

Os valores de Fe no PVAe foi maior no nível mais salino e semelhantes nos demais e para o CXve observou-se semelhança estatística para os três níveis de salinidade (Tabela 30). Para a salinidade de $0,59$ e $2,75 \text{ dS m}^{-1}$, não se observou diferença estatística entre os solos e na maior salinidade, o maior valor foi observado em PVAe (Tabela 31). Maiores valores de Fe no PVAe podem ser resultado da maior quantidade desse elemento no PVAe (Tabela 3). A baixa concentração do Fe nesse tipo de solo pode ser explicada pelo antagonismo desse micronutriente com o íon cálcio em excesso, uma vez que o CXve apresenta maior capacidade de retenção de água e nutrientes em relação ao PVAe.

Os teores de Zn foram semelhantes em 0,59 e 2,75 dS m⁻¹ e menor no nível mais salino no PVAe, comportamento inverso ao observado para CXve, onde se observou maior valor no nível mais salino e semelhança estatística nos demais (Tabela 31). Nos níveis de salinidade 0,59 e 5,00 dS m⁻¹, os valores obtidos em PVAe foram superiores, entretanto, no maior nível de salinidade, os maiores valores foram observados em CXve.

Para o P e N, os maiores valores foram observados em PVAe, enquanto o CXve apresentou maior valor de Na (Tabela 32). A maior disponibilidade de P no PVAe pode ser explicado pela textura, uma vez que quanto maior o teor de argila presente no solo, maior a adsorção do P e menor sua disponibilidade. Os valores de Na foram maiores no CXve (Tabela 32). O que ocorreu devido a maior capacidade de retenção de água e nutrientes, fazendo com que o íon não seja lixiviado no solo.

Os valores de Na foram maiores no nível de maior salinidade e nos demais foram semelhantes. Os maiores valores de Mg foram observados em 5,00 dS m⁻¹, que não diferiu dos observados em 2,75 dS m⁻¹ e foi menor para água de 0,59 dS m⁻¹ (Tabela 33).

Os valores dos elementos minerais, com exceção do Na estão dentro da faixa considerada ideal para cultura do milho pela Embrapa (2009).

Tabela 31. Teores de elementos minerais nas folhas da cultura do milho durante o período de floração em função do tipo de solo e da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012

	Salinidade da água de irrigação (dS m ⁻¹)		
	0,59	2,75	5,00
Solos	K (g kg⁻¹)		
PVAe	26,9 Aa	28,81Ba	30,25 Ba
CXVe	25,11 Ab	35,53Ab	37,34 Aa
	Ca (g kg⁻¹)		
PVAe	5,79 Aa	5,03Aa	4,92 Aa
CXVe	4,86 Aa	5,45 Aa	5,88Aa
	Cu (g kg⁻¹)		
PVAe	10,28 Ab	11,28 Bab	12,42 Bab
CXVe	11,57Ab	17,5Aa	18,98Aa
	Mn (mg kg⁻¹)		
PVAe	45,53 Bc	55,65 Bb	85,35 Aa
CXVe	75,38 Ab	88,53 Aa	90,12 Aa
	Fe (mg kg⁻¹)		
PVAe	130,12 Ab	138,3 Ab	164,03 Aa
CXVe	125,15 Aa	126,83 Aa	127,57 Ba
	Zn (mg kg⁻¹)		
PVAe	34,47 Ab	44,55Aa	38,23 Bb
CXVe	29,07 Bc	37,03 Bb	42,82 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 32. Teores de P, Na e N nas folhas da cultura do milho durante o período de floração em função do tipo de solo. Mossoró-RN, 2012

Solos	P (g kg⁻¹)	Na(g kg⁻¹)	N (g kg⁻¹)
PVAe	3,06 A	0,65 B	23,39 A
CXve	2,12 B	0,72 A	19,29 B

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 33. Teores de Na e Mg nas folhas da cultura do milho durante o período de floração em função da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012

Níveis de Salinidade (dS m ⁻¹)	Na(g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)
0,59	0,62 B	1,39 B
2,50	0,65 B	1,60 AB
5,00	0,81 A	1,70 A

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.3.4 Cultura do Sorgo

Na cultura do sorgo, observou-se interação significativa entre os fatores solo e água para Na, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn; efeito isolado dos fatores solo e água, para P, K e Ca; e efeito de solo apenas para N (Tabela 34).

Tabela 34. Valores de teste F e significância estatística para os teores de elementos minerais em folhas da cultura do sorgo sob estresse salino em dois tipos de solos. Mossoró-RN, 2012

FV	GL	P	K	Na	N	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
Solo	1	0,00 ^{ns}	25,23 ^{**}	54,31 ^{**}	18,74 ^{**}	0,02 ^{ns}	2,31 ^{**}	30,08 ^{**}	691,8 ^{**}	0,03 ^{ns}	0,75 ^{ns}
Àgua	2	18,09 ^{**}	4,55 ^{**}	35,06 ^{**}	2,15 ^{ns}	11,72 ^{**}	51,65 ^{**}	10,12 ^{**}	132,3 ^{**}	0,79 ^{ns}	454,0 ^{**}
S X A	2	1,56 ^{ns}	0,77 ^{ns}	40,90 ^{**}	2,56 ^{ns}	1,49 ^{ns}	6,42 ^{**}	7,43 ^{**}	11,09 ^{**}	6,20 ^{**}	15,00 ^{**}
Res.	12										
CV (%)	-	8,78	8,10	19,18	4,82	3,55	8,02	8,02	3,83	10,97	2,05

**significativo a 1% de probabilidade,*significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo

Os teores de Na no PVAe foram superiores no segundo nível de salinidade e estatisticamente semelhantes nos demais níveis, no CXve, os níveis desse cátion aumentaram com o aumento da salinidade da água de irrigação. Os níveis de 0,59 e 2,75 dS m⁻¹ apresentaram valores semelhantes e no nível mais salino, a maior concentração desse íon no CXve (Tabela 35). O maior acúmulo de sais em CXve em consequência do aumento da salinidade da água de irrigação pode ser justificada pela baixa eficiência da lâmina de lixiviação neste tipo de solo.

Para o Mg, os maiores valores foram observados no PVAe nos níveis 0,59 e 5,00 dS m⁻¹, e o menor valor em 2,75 dS m⁻¹, no CXve não se observou diferença estatística para os níveis de salinidade. No maior e menor nível de salinidade não se observou diferença estatística entre os solos, entretanto, no nível intermediário, o CXve apresentou maior valor (Tabela 35).

Para os teores de Cu, em PVAe, não se observou diferença estatística, enquanto no CXve, o menor valor de Cu foi observado no menor nível de salinidade e os demais foram semelhantes. Em 0,59 dS m⁻¹, não se observou diferença significativa entre os solos, e nos demais níveis, os maiores valores foram observados em CXve (Tabela 35).

Os teores de Mn no PVAe seguiram a tendência do aumento da CE da água de irrigação, sendo maior no nível mais salino, entretanto, em CXve, no primeiro e segundo nível de salinidade foram semelhantes, sendo maior no nível mais salino. Para todos os níveis de salinidade, os maiores valores desse íon foram observados em CXve (Tabela 35). Maiores valores de Mn em CXve ocorreram em consequência da maior quantidade desse elemento nesse tipo de solo (Tabela 3).

Os valores de Fe não diferiram entre si para os níveis de salinidade nos dois solos estudados. No nível de 0,59 dS m⁻¹, o maior valor foi observado em PVAe, entretanto, no nível de 2,75 dS m⁻¹ correu comportamento inverso com maior valor em CXve e no nível mais salino, não se observou diferença estatística entre os solos (Tabela 35). Esse comportamento observado para o Fe pode ser explicado pelo antagonismo com íons de Ca.

Para os teores de Zn, observou-se aumento desse elemento em função do aumento CE da água de irrigação, entretanto, para o CXve foi menor no nível mais

salino e semelhante nos demais. No nível menos salino não se observou diferença entre os solos; em $2,75 \text{ dS m}^{-1}$, o maior valor foi observado em CXve, comportamento inverso ao observado no nível mais salino em que o maior valor foi observado em PVAe (Tabela 35).

Para o fósforo o maior teor foi observado no nível mais salino e nos demais níveis foram estatisticamente semelhantes. Esses resultados concordam com Lacerda *et al.* (2006), Sousa *et al.* (2007), Farias *et al.* (2009), em plantas de sorgo forrageiro, feijão-de-corda e gliricídia, irrigadas com águas salinas, respectivamente. Entretanto, reduções nos teores foliares de fósforo sob estresse salino foram constatados por Ferreira *et al.* (2007).

O P foi maior em CXve e o N em PVAe. Considerando os níveis de salinidade o maior teor de potássio foi verificado no nível de $5,00 \text{ dS m}^{-1}$, mesmo não diferindo estatisticamente do nível intermediário e o menor valor foi observado em $0,59 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 36). Os valores de P e N observados estão abaixo dos recomendados adequados para cultura do sorgo pela Embrapa (2009).

Tabela 35. Valores de Teste F e significância estatística para os teores de elementos minerais em folhas da cultura do sorgo sob estresse salino em dois tipos de solos. Mossoró, 2012

Salinidade da água de irrigação (dS m ⁻¹)			
Solos	0,59	2,75	5,00
Na (g kg⁻¹)			
PVAe	1,30 Ab	2,85 Aa	1,20Bb
CXVe	1,21 Ac	3,46 Ab	6,31 Aa
Mg (g kg⁻¹)			
PVAe	1,07 Ab	1,47 Ba	1,70 Aa
CXVe	0,86 Ab	1,88 Aa	1,82 Aa
Cu (mg kg⁻¹)			
PVAe	10,62 Aa	12,35 Ba	10,65Ba
CXVe	11,38 Ab	14,28 Aa	15,73Aa
Mn (mg kg⁻¹)			
PVAe	45,53 Bc	51,48 Bb	70,61 Ba
CXVe	75,38 Ab	84,6 Ab	96,63 Aa
Fe (mg kg⁻¹)			
PVAe	163,4 Aa	130,15 Ba	134,98 Aa
CXVe	129,18 Ba	159,17 Aa	136,55 Aa
Zn (mg kg⁻¹)			
PVAe	31,80Ac	41,05 Bb	47,80 Aa
CXVe	33,03 Ab	43,45 Aa	45,18 Ba

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 36. Teores de K e N nas folhas da cultura do sorgo durante o período de floração em PVAe e CXVe e P e K em função da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012

Solos	K (g kg⁻¹)	N (g kg⁻¹)
PVAe	33,04 B	22,11 A
CXVe	40,05 A	20,04 B
Níveis de Salinidade (dS m ⁻¹)	K (g kg⁻¹)	P (g kg⁻¹)
0,59	33,85 B	1,82 B
2,50	36,80 AB	2,32 B
5,00	38,99 A	2,47 A

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.3.5 Cultura do Pimentão

Para cultura do pimentão, observou-se interação significativa para P, K, Na, N, Mg, Cu e Mn. Nos teores de Ca e Fe houve efeito isolado dos solos e da salinidade e o Zn apresentou efeito apenas de solo (Tabela 37).

Tabela 37. Valores de teste F e significância estatística para os teores de elementos minerais em folhas da cultura do pimentão sob estresse salino em dois tipos de solos. Mossoró, 2012

FV	GL	P	K	Na⁺	N	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
Solo	1	6,43 [*]	48,54 ^{**}	45,36 ^{**}	62,45 ^{**}	19,71 ^{**}	73,87 ^{**}	224,4 ^{**}	2113,7 ^{**}	0,006 ^{ns}	73,902 ^{**}
Água	2	32,94 ^{**}	4,93 ^{**}	79,37 ^{**}	19,68 ^{**}	76,94 ^{**}	60,07 ^{**}	19,96 ^{**}	36,51 ^{**}	5,641 [*]	2,607 ^{ns}
S X Á	2	7,14 ^{**}	34,19 ^{**}	19,61 ^{**}	9,30 ^{**}	0,15 ^{ns}	6,22 [*]	120,92 ^{**}	11,52 ^{**}	1,621 ^{ns}	0,233 ^{ns}
Res.	12										
CV (%)	-	11,76	1,43	11,04	6,43	3,97	7,55	6,95	4,33	14,92	14,42

^{**}significativo a 1% de probabilidade, ^{*}significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo

Os teores de P nos níveis de 2,75 e 5 dS m⁻¹, foram semelhantes e não diferiram de 0,59 ds m⁻¹, para o PVAe, e em CXve, os valores desse elemento aumentaram a medida em que se aumentou a CE da água de irrigação. No primeiro e segundo nível de salinidade, não se observou diferença entre os solos, e no nível mais salino houve uma maior concentração de P no CXve (Tabela 38). As concentrações de P nas folhas foram inferiores aos considerados ideais para cultura pela Embrapa (1999) e às constatadas por Villas Bôas (2001), em média 3,0 g kg⁻¹. Entretanto, os baixos valores de P, não são resultantes da salinidade, uma vez que os níveis desse elemento aumentaram com o estresse salino nos dois solos estudados (Tabela 38), o que pode ter ocorrido devido a uma provável deficiência desse elemento nos solos.

O K em PVAe aumentou em função do aumento da salinidade da água de irrigação, entretanto, no CXve o maior valor foi observado no nível menos salino e nos demais foram estatisticamente semelhantes. Nos níveis de 0,59 e 2,75 dS m⁻¹, os maiores valores foram obtidos em CXve e no maior nível de salinidade não se observou diferença estatística (Tabela 38). No geral, observa-se que os teores de K estiveram acima da faixa adequada para pimentão (35,0-45,0 g kg⁻¹), conforme Jones Júnior. *et al.* (1991), o que demonstra o efeito concentração desse nutriente na fase de floração.

Os teores de Na cresceram com o aumento da CE da água de irrigação no PVAe, enquanto, no CXve o menor valor foi verificado no nível menos salino e os demais foram semelhantes. Nos níveis de 0,59 e 2,75 dS m⁻¹, não se observou diferença estatística entre os solos, enquanto em 5,00 dS m⁻¹, os maiores valores desse íon foi observado em PVAe (Tabela 38). Aumento nos teores de Na em função do aumento da CEa é justificado pela abundância desse elemento na água de irrigação.

O N foi menor no segundo nível de salinidade e nos extremos foram estatisticamente semelhantes no PVAe, enquanto no CXve não se observou diferença estatística para os níveis de salinidade. Para a maior e menor salinidade da água de irrigação o CXve apresentou menores valores, enquanto no nível intermediário os dois solos foram semelhantes (Tabela 38). A alta concentração de

N nas folhas em resposta a tratamentos sob maior CE no solo pode ser justificada pelo acúmulo de nitrato nos vacúolos, de acordo com Martinez e Cerda (1989). Segundo esses autores, o acúmulo de nitrato nas folhas pode influenciar o balanço cátion - ânion e o equilíbrio osmótico. Os valores de N obtidos neste trabalho foram superiores aos obtido por Villas Bôas (2001), de 36 a 38 g kg⁻¹.

Os teores de Mg foram inferiores no menor nível de salinidade e nos demais níveis foram semelhantes para os dois solos estudados. Na menor CE da água de irrigação não houve diferença dos teores de Mg entre os solos, e nos demais níveis, os maiores valores foram observados em PVAe (Tabela 38). Observa-se que mesmo sob estresse salino, os teores foliares de Mg estiveram dentro da faixa adequada para o pimentão (3,0-10,0 g kg⁻¹), conforme Jones Júnior. *et al.* (1991).

Os valores de Cu decresceram com o aumento da salinidade no PVAe, e em CXve, os maior valor foi observado no nível mais salino e os demais foram semelhantes. Para os níveis de 0,59 e 2,75 dS m⁻¹, o PVAe apresentou maiores valores de Cu, enquanto no nível mais salino houve maior concentração desse elemento em CXve. Em todos os níveis de salinidade o CXve apresentou maiores valores de Mn em relação ao PVAe (Tabela 38), evidenciando o efeito concentração desse elemento até fase de floração. Em todos os tratamentos os teores de Cu estão entre os valores considerados adequados para a cultura (EMBRAPA, 2009).

Os teores de Mn foram maiores em 5,00 dS m⁻¹, mesmo não diferindo estatisticamente de 2,75 dS m⁻¹, o qual foi semelhante ao menor nível para o PVAe, entretanto, no CXve observou-se acúmulo desse elemento em função do aumento da salinidade da água de irrigação (Tabela 39). Os teores de Mn observados neste experimento estão de acordo com a faixa considerada adequada pela Embrapa (2009).

Os valores de Ca e Zn foram maiores em PVAe. O teor de Ca foi maior no nível mais salino e semelhante nos demais níveis, com valores dentro da faixa recomendada pela Embrapa (2009). O Fe foi maior em 0,59 dS m⁻¹, o qual foi estatisticamente semelhante ao nível intermediário, e este não diferiu do valor

obtido no nível mais salino (Tabela 39). Nos níveis de 0,59 e 5,00dS m⁻¹ os valores de Fe estão acima da faixa adequada para cultura do pimentão (EMBRAPA, 2009).

Tabela 38. Teores de elementos minerais nas folhas da cultura do pimentão durante o período de floração em função do tipo de solo e da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012

Solos	Salinidade da água de irrigação (dS m ⁻¹)		
	0,59	2,75	5,00
P (g kg⁻¹)			
PVAe	1,09 Ab	1,37 Aab	1,51 Bab
CXVe	0,93 Ac	1,58 Ab	2,07 Aa
K (g kg⁻¹)			
PVAe	61,62 Bc	65,19 Bb	67,71 Aa
CXVe	69,77 Aa	67,11 Ab	67,02 Ab
Na (g kg⁻¹)			
PVAe	1,71 Ac	2,72 Ab	4,7 Aa
CXVe	1,43 Ab	2,38 Aa	2,6 Ba
N (g kg⁻¹)			
PVAe	74,03 Aa	52,44 Ab	69,53Aa
CXVe	54,13 Ba	49,23 Aa	50,69 Ba
Mg (g kg⁻¹)			
PVAe	4,7 Ab	7,61 Aa	8,16 Aa
CXVe	3,94 Ab	5,23 Ba	5,86 Ba
Cu (mg kg⁻¹)			
PVAe	22,32 Aa	15,23 Ab	11,85 Bc
CXVe	7,8 Bb	8,32 Bb	13,82 Aa
Mn (mg kg⁻¹)			
PVAe	42,75 Bb	46,52 Bab	51,13 Bab
CXVe	113,88 Ac	131,55 Ab	143,02 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 39. Teores de Ca e Zn nas folhas da cultura do pimentão durante o período de floração em PVAe e CXve e Ca e Fe em função da salinidade da água de irrigação. Mossoró-RN, 2012

Solos	Ca(g kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
PVAe	12,30 A	73,58 ^a
CXve	11,32 B	40,31 B
Níveis de Salinidade (dS m ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)
0,59	10,52 B	330,14 A
2,50	11,21 B	389,88 AB
5,00	13,71 A	246,57 B

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6. CONCLUSÕES

Os valores de CEes cresceram com o aumento da salinidade aos 15 e 36 DAE, sendo esse efeito maior nos solos argilosos.

Ocorreram reduções na matéria seca total da parte aérea (MSTPA) do meloeiro com o aumento da salinidade da água de irrigação para RQ, PVAe, CXve e RY. Para área foliar do meloeiro as maiores reduções foram verificadas no VX, RY e CXve. Aos 36 DAE os maiores valores de AF foram observados no RQ e menor valor em VX.

Os maiores picos de condutância estomática ocorreram às 8h 00 min da manhã com redução mais significativa até às 12h 00min continuando a decrescer até as 16h 00min, porém com menor intensidade. Nos RY e VX foram observados maiores valores de condutância para irrigação de água com menor salinidade.

Ocorreram reduções na MSTPA para as culturas do feijão, milho e sorgo com o aumento da salinidade, com maiores decréscimos observados para cultura do feijão e sorgo no CXve.

A cultura do meloeiro apresentou redução de AF com o aumento da salinidade aos 33 DAE e para o feijão, milho, sorgo e pimentão aos 33 e 40 DAE. Ocorreram maiores reduções de AF em PVAe para o feijão, milho e sorgo; no CXve para o pimentão.

Houve interação dos tipos dos solos com os níveis de salinidade para os elementos minerais em todas as culturas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, G. S.; SANTOS, D.; SILVA, J. A.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, T. A. G. Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes. **Revista Acta Scientiarum**, Maringá, v. 31, p.661-665, 2009.

ASSIS JÚNIOR, J. O. et al. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.27, p.702-713, 2007.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29.

AYRES, IAN. "Fair Driving: Gender and Race Discrimination in Retail Car Negotiations." *Harvard Law Review*, February 1991, 104(4), pp. 817-72.

AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II. Distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.165-171, 2000.

BARROS, A. D. **Manejo da irrigação por gotejamento, com diferentes níveis desalinidade da água, na cultura do melão**. Botucatu, 2002. 124 f. Tese (Doutorado em agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 2002.

BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R. e SANTOS, W.R. Princípio da diagnose foliar. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F. e FONTES, M.P.F. **Os solos nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, MG, SBCS, UFV, DPS, 1996. 930p.

BEZERRA, M. E. J.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; GOMES, V. F. F.; MENDES FILHO, P. F. Biomassa, atividade microbiana e FMA em rotação cultural milho/feijão-de-corda utilizando-se águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza: UFC, v.41, p.562-570, 2010.

BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P.D. Growth and yield of corn irrigated with saline water. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.65, n.6, p.574-580, 2008.

BOTÍA, P. *et al.* Yield and fruit quality of two melon cultivars irrigated with saline water at different stages of development. **European Journal of Agronomy**, v. 23, n. 3, p. 243-253, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica, DNPEA. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Recife, Convênio MA/ DNPES-SUDENE/DRN, MA/USAID/BRASIL. 1971. 530p. (Boletim Técnico, 21).

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B. B., GRUISSEM, W.; JONES, R. L. (Ed.). *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. Rockville: **ASPP**, p.1158-1203. 2000.

CARMO FILHO, F. do; OLIVEIRA, O. F. de. **Mossoró: um município do semi-árido: caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: ESAM, 1989. 62 p. (Coleção Mossoroense, 672, série B).

CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. da SILVA; SANTOS, A. F. dos; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. do. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.1, p. 251-261, 2010.

CHARTOZOULAKIS, K.S. Effects of NaCl salinity germination, growth and yield of greenhouse cucumber. **The Journal of Horticultural Science**. p. 115-119, 1992.

CLOUSE – Disponível em: <http://www.clause-vegseeds.com/uk/home/index.php>. Consultado em janeiro de 2011.

COSTA, P. H. A.; SILVA, J. V.; BEZERRA, M. A.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, p.289-297, 2003.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 4. ed, São Paulo: Nobel, 1987, 337p.

CUENCA, R. H. **Irrigation system design: an engineering approach**. EnglewoodCliffs: Prentice Hall, 1989. 552p.

DANTAS, D. da C.; MATOS, J. de A. de; MEDEIROS, J. F. de; PORTO FILHO, F. de Q.; MIRANDA, N. de M. Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo a partir de extratos 1:2 pelo método do eixo principal reduzido. **Revista Irriga**, Botucatu, v.10, n.4, p. 335-340, 2005.

DANTAS, J.P.; MARINHO, F. J. L.; FERREIRA, M.M.M.; AMORIM, M.S.N.; ANDRADE, S.I.O.; SALES, A.L. Avaliação de genótipos de caupisob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, 2002.

DIAS, N.S.; DUARTE, S.N.; GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; SOARES, T.M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB. v.9, n.4. 2005.

DIÓGENES, T. B. A. **Resposta da mamoneira a doses de potássio, boro, zinco, cobre, magnésio e a fontes de nitrogênio**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2012. 45f.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo, modelo Van Genuchten. Soil Water Retention Curve, SWRC (version 3,00 beta). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil, 2001.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica. 2ª edição revista e ampliada. 2009.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em <http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2009/qualidade-da-agua-subterranea-e-riscos-para-irrigacao> em junho de 2010. Consultado em Junho de 2012.

ERNESTO SOBRINHO, F. **Caracterização, Gênese e Interpretação para Uso de Solos Derivados de Calcário da Região da Chapada do Apodi Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Viçosa. 1980. 133p.

FARIAS, S. G. G.; . Estressesalino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia(*gliricídia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 1499-1505, 2009.

FEIGIN, A. Interactive effects of salinity and amonium/nitrate ratio on growth and chemical composition of melon plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.13, n.10, p.1257-1269, Oct.1990.

FERNANDES, M.B.; CASTRO, B.F.; FERNANDES, J.R.; AQUINO, V.L.B.; ALVES, J.S.; GÓIS, F.C. Adaptabilidade de cultivares de sorgo granífero a solos salinos da microrregião salineira do estado do Rio Grande do Norte. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, 27 (2): 222,1992.

FERNANDES, M.B.; CASTRO, J.R.; AQUINO, B.F.; FERNANDES, V.L.B.; ALVES, J.S.; GÓIS, F.C. Avaliação de cultivares de sorgo forrageiro em solos afetados por sais no estado do Rio Grande do Norte. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, 29 (2): 255,1994.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.7-16, 2007.

FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders. **Agricultural Water Management**, v. 78, n.1, p. 15-24, 2005.

FRANCO, J. A.; FERNANDEZ, J. A.; BAÑÓN, S.; GONZÁLEZ, A. Relationship between the effects of salinity on seedling leaf area and fruit yield of six muskmelon cultivars. **HortScience**, Alexandria, v.32, n.4, p.642-644, 1997.

FRANÇOIS, L. E.; DONOVAM, T.; MASS, E. V. Salinity effects on seed yield, growth and germination of grain sorghum. **Agronomy Journal**, v.76, p.742-744, 1984.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: Avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 519p.

FREIRE, M.B.G.S. . Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v.7, n.1. 2003.

FOLEGATTI, M.V. BLANCO, F.F. Desenvolvimento vegetativo do pepino enxertado irrigado com água salina. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57 n.3, 2000.

GARCIA, G. O.; FERREIRA, P. A.; MIRANDA, G. V.; OLIVEIRA, F. G.; SANTOS, D. B. Índices fisiológicos, crescimento e produção do milho irrigado com água salina. **Revista Irriga**, v. 12, n. 03, p. 307-325, 2007.

GHEY, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT sal, 2010. 472p.

GOMIDE, M.B.; LEMOS, O.V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M.M.; CARVALHO, J.G.; DUARTE, C.S. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. **Ciência Prática**, Lavras, v.1, n.2, p.118-123, 1977.

GONDIM, F. A.; GOMES FILHO, E.; MARQUES, E. C.; PRISCO, J. T. Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 02, p. 373-381, 2011.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrition relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, Lexington, v, 78, p.127-157, 1999.

GRATTAN, S. R.; MAAS, E. V..Interactive effects of salinity and substrate phosphate on soybean. **Agronomy Journal**, v.76, p.668-676, 1984.

GURGEL, M.T.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P.D.; SANTOS, F.J.S.; NOBRE, R.G. Crescimento inicial de porta-enxertos de goiabeira irrigados com águas salinas. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN. v. 20, n. 2. 2007.

HUERTA, S.A. Comparación de métodos de laboratorio y de campo para medir el area del cafeto. **Cenicafé, Chinchina**, v.13, n.1, p.33-42, 1962.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J.R.A.; FERREIRA NETO, M. HOLAMDA, A. C. Qualidade de água para irrigação. In: GHEI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTSal, 2010. 472p.

JONES JÚNIOR. JB; WOLF B; MILLS HA. 1991. Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. **Athens: Micro-Macro**, 213p.

LACERDA, C. F. Efeitos da salinidade no desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e utilização do Ca^{2+} como meio para minorar tais efeitos. **Dissertação** (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), 87f- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

LACERDA, C. F. DE.; MORAIS, M. M. M.; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A. Interação entresalinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 3, p.258-263, 2006.

LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R. J. . C., ARAÚJO, E. L., WILLADINO, L. G., CAVALCANTE, U. (ed.) **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005, p. 127-137.

LAUCHI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, v. 38, n.10, p.18-21. 1984.

LEONARDO, M.; BROETTO, F.; VILLAS BÔAS, R. L.; ALMEIDA, R. S.; MARCHESE, J. A. Produção de frutos de pimentão em diferentes concentrações salinas. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 73-82, 2007.

LIMA, C.F.G. de S.; OLIVEIRA, F. de A.; MEDEIROS, J.F.; OLIVEIRA, M.K.T, OLIVEIRAFILHO, A.F. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupi. **Caatinga**, Mossoró-RN, v.21, n.1, p.120-127, 2008.

LIMA, C. J. de; OLIVEIRA, F. de A. de; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B. de. Resposta do feijão caupi à salinidade da água de irrigação. **Revista Verde de Agroecologia**. Mossoró-RN. v.2, n.2, pág 79-86, 2007.

LIMA J.R; SILVA, A.L.P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, GO. v.6, n. 11. 2010.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - Current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v.103, n.1r², p.115-134, 1977.

MAAS, E. V.; GRIEVE, C. M..Sodium-induced deficiency in saltstressed corn.**Plant, Cell and Environment**, v.10, p.559-564, 1987.

MAAS, E.V. Salt tolerance of crops.**Applied Agricultural Research**, New York, v.1, n.1, p.12-26, 1986.

MAIA, C.E.;MORAIS, E.C.M.;OLIVEIRA,M.Classificação da composição iônica da água de irrigação usando regressão linear múltipla. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**.Campina Grande, PB. v.5, n.1. 2001.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; OLIVEIRA, M. Qualidade da água para fertirrigação por gotejamento. I: região da Chapada do Apodí-RN. **Engenharia na Agricultura, Viçosa**, v.5, p.281-292, 1997.

MALASH, N.; FLOWERS, T. J.; RAGAB, R. Effect of iirgation systems and water management practices using saline and nom-saline water on tomato production.**Agricultural Water Management**, v.78, p.25-38, 2005.

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

MALAVOLTA, E. VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliaçãodo estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**.Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ed. London: Academy Press, 1995. 889p.

MARTINEZ, V.; CERDA, A. Nitrate reductase activity in tomato and cucumber leaves as influenced by NaCl and N source.**Journal of Plant Nutrition**, New York, v.12, p.1335 - 1350, 1989.

MEDEIROS, J.F. de; LISBOA, R. de A.; OLIVEIRA, M. de. **Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 7: 469-472. 2003.

MEDEIROS, J. F. de. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada compimentão**. Piracicaba, 1998, 152 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação

e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1998.

MELONI, D. A.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; MARTINEZ, C. A. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 3, p. 599-612, 2001.

MEIRI, A.; PLAUT, Z.; PINCAS, L. Salt tolerance of glasshouse grown muskmelon. **Soil Science**, v. 131, p 189-193, 1981.

MEIRELES, A. C. M.; . Avaliação do impacto da fertirrigação em cambissolos na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista de Ciência Agronômica**, v. 34, n.2, p. 207-212, 2003.

MENDLINGER S; FOSSEN M. Flowering, vegetative growth, yield, and fruit quality in muskmelons under saline conditions. **The Journal of American Society for Horticultural Science**.p.118: 868-872, 1993.

MORAIS, E. R.; MAIA, C. E.; OLIVEIRA, M. Qualidade da água para irrigação em amostras analíticas do banco de dados do departamento de solos e geologia da escola superior de agricultura de Mossoró, Mossoró-RN. **Caatinga**, vol. 11, p 75-83, dez, 1998.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research**.v.12, p.513-522, 1976.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v. 167, n. 03, p. 645-663, 2005.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**. 25,239–250, 2002.

NASCIMENTO, I. B.; MEDEIROS, J. F.; MIRANDA, N. O.; SILVA, M. C. C.; ALVES, L. A.; LISBOA, R. A.; SILVA JÚNIOR, M. J. da. Desenvolvimento vegetativo do melão cultivado sob diferentes intensidades de preparo de solo com e sem mulching. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 29, 2000. Fortaleza, **Anais ...** Fortaleza: SBEA, 2000. CDROM.

NASCIMENTO, I.B. *et al.* Estimativa da área foliar domeloeiro. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.555-558,2002.

NAVARRO, J. M.; BOTELLA, M. A.; MARTINEZ, V. Yield and fruit quality of melon plants grown under saline conditions in relation to phosphate and calcium nutrition. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 74, n. 5, p. 573-578, 1999.

NAVARRO, J. M. . Phosphorus uptake and translocation in salt-stressed melon plants. **Journal of Plant Physiology**, v.158, p.375-381, 2001.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B. da.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Ciência Rural**, v.39, p.758-765, 2009.

NIEMAN, R. H.; CLARK, R. A.. Interactive effects of salinity and phosphorus nutrition on the mature photosynthesizing corn leaves. **Plant Physiology**, v.57, p.157-161, 1976.

OLIVEIRA, F. A., MEDEIROS, J.F., OLIVEIRA, M.K.T., LIMA, C.J.G.S., ALMEIDA JÚNIOR, A. B., AMÂNCIO, M.G. Desenvolvimento inicial do milho pipoca com água de diferentes níveis de salinidade. **Agrária**.v.4, p.149-155, 2009.

OLIVEIRA, J.A. Influência do estágio de maturação do sorgo forrageiro, *Sorghum bicolor* (L) Moench, sobre o rendimento e qualidade das forragens e respectivas silagens. **Dissertação- Mestrado**, 50p, UFC: Fortaleza, 1983.

OLIVEIRA, M.; MAIA, C.E. **Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do estado do Rio Grande do Norte**. Campina Grande, DEAg/UFPB, v.2, n.1, p.17-21, 1998.

OULD AHMED, B. A.; MORITANI, M. I. S. **Effect of saline water irrigation and manure application on the available water content, soil salinity, and growth of wheat**. *Agricultural Water Management*, v.97, p.165-170, 2010.

O'Leary, J.W. High humidity overcomes lethal levels of salinity in hydroponically grown salt-sensitive plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.42, P.717- 721, 1971.

PATEL, P. R. et al. Impact of saline water stress on nutrient uptake and growth of cowpea. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, RJ, v.22, p.43-48, 2010.

PEREIRA, F. A. de L. Tolerância de cultivares de melão à salinidade. **Dissertação** (Mestrado em Irrigação e Drenagem), Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Mossoró, 2011. 81 f.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid: Editora Agrícola Española, S.A. 1985, 542p.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación**. 2 ed. Madrid: Mundi Prensa, 1990, 459p.

REBOUÇAS, A.; FILHO, M.; BENOIT H. **Bacia potiguar – Estudo hidrogeológico**. Recife-PE: SUDENE – Divisão de Documentos, 1967.

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

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 48.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use saline water for cropproduction**. Rome: FAO, 1992. 133p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 48).

RHOADES, J. D.; MIYAMOTO, S. **Testing soils for salinity and sodicity**. In: WESTERMAN, R.L. (ed.) Soil testing and plant analysis. Madison: Soil Science Society of America, 1990. cap. 12, p.299-336.(Book Series, 3).

SANTANA, M. J.. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) e em solos com diferentes níveis texturais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1470-1476, 2007.

SCHACHTMAN, D.; LIU, W. Molecular pieces to the puzzle of the interaction between potassium and sodium uptake in plants. **Trends Plant Science**, v. 04, n. 07, p. 281-287, 1999.

SHALHEVET, J.; KAMBUROV, J. **Irrigation and salinity: a worldwide survey**. New Delhi: International Commission on Irrigation and Drainage, 1976. 106p.

SHARMA, B. R.; MINHAS, P. S. Strategies for managing saline/álcali water for sustainable agricultural production in South Asia. **Agricultural Water Management**. v.78, p.136-151, 2005.

SHARMA, D. P.; RAO, K. V. G. K. Strategy for long term use of saline drainage water for irrigation in semi-arid regions. **Soil & Tillage Research**, v.48, p.287-295, 1998.

SILVA JÚNIOR, L. G. A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Composição química de água do cristalino do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v.3, n.1 p. 11-17. 1999.

SILVA JÚNIO, G. de S. .Parâmetros Biométricos, Nutricionais e Bioquímicos em Cultivares e Somaclones de Bananeira Submetidos à Salinidade. **Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**, v. 4, n. 1, 2012.

SILVA, D.; PRUSKI, F.F. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Brasília: MMA/ SBH/ABEAS, 1997. 252p.

SILVA, F. L. B. . Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 04, p. 383-389, 2011.

SILVA, M.M.C.; MEDEIROS. J.F.; NEGREIROS, M.Z.; SOUSA, V.F. Produtividade de frutos do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, com e sem cobertura do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.202-205, 2005.

SILVA, J. V. . Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl₂. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.15, p.99-105, 2003.

SILVA, V. A. . Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.45, n.5, p.457-464, 2010.

SIVRITEPE N; SIVRITEPE HO; ERIS A. The effect of NaCl priming on salt tolerance in melon seedling grown under saline conditions. **Scientae Horticulturae**. p. 229-237. 2003.

SOARES, J. I.; COSTA, R. N. T.; SILVA, A. C.; GONDIM, R. S. Função de resposta da melancia aos níveis de água e adubação nitrogenada, no Vale do Curu, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 219-224, 2002.

SOUSA G. G.; MARINHO, A. B.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M. Acumulação da biomassa, teores e extração de micronutrientes em plantas de milho irrigada com águas salinas. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 02, p. 1-10, 2010.

SOUSA, R. A.; LACERDA, C. F. DE; FILHO, J. A.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e nutrição mineral do feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, p.75-82. 2007.

SOUSA, R. A. de. Efeitos da salinidade e da composição iônica da água de irrigação sobre o desenvolvimento de plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba. **Dissertação** (Mestrado) em Irrigação e Drenagem– Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, 87 f., Fortaleza, 2006.

SOUSA, M. R. de. Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Lavras, 94 p, Lavras, 1995.

SUMNER, M. E. Sodic soils: New perspectives. In: Naidu, R.; SUMNER, M. E.; RENGASAMY, P. (ed). Australian sodic soils: Distribution, properties and management. Adelaide: First National Conference and Workshop on Sodic Soils, p. 1-34, 1995.

SZABOLCS, I. Global overview of sustainable management of salt affected soils. **International Workshop on Integrated Soil Management for Sustainable use of Salt Affected Soils**. Filipinas, 1995. Procceding... Filipinas, Bureau of Soil and Water Management, p.19-38, 1995.

TABOSA, J.N. .Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos dos Estados de Pernambuco e Alagoas. **Revista Brasileira de milho e sorgo**, Sete Lagoas, v.1, n.2., p.47-58, 2002.

TAYLOR, R. M.; YOUNG, E. F.; RIVERA, R. L. Salt tolerance in cultivars of grain sorghum. **Crop Science**. v.15, p. 735-735, 1975.

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**. 23(2): 441-446, 2001.

TERRY, N. & WALDRON, L. J. Salinity, photosynthesis and leaf growth. **California Agriculture**, 39: 38-9, 1984.

TIVELLI, S. W.; MENDES, F.; GOTO, R. Estimativa da área foliar do pimentão (*Capsicum annum* L.) cv. Elisa conduzido em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.15, 1997. Suplementos.

TOTAWAT, K.L.; MEHTA, A.K. Salt tolerance of maize and sorghum genotypes. *Annals of Arid Zone*, **Jodh Pur**, v.24, p.229-236, 1985.

VILLAS BOAS, R. L. **Doses de nitrogênio para o pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação**. 2001. 123 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

VAN GENUCHTEN, M. TH. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.