



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/PRODUÇÃO VEGETAL**

JOÃO PEDRO ALVES DE AQUINO

**MORFOFISIOLOGIA DE LINHAGENS PROMISSORAS DE FEIJÃO-
CAUPI SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO**

TERESINA, PIAUÍ

2016

JOÃO PEDRO ALVES DE AQUINO
Engenheiro Agrônomo

MORFOFISIOLOGIA DE LINHAGENS PROMISSORAS DE FEIJÃO-CAUPI
SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Piauí, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra

TERESINA, PIAUÍ

2016

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processamento Técnico

A657m Aquino, João Pedro Alves de
Morfofisiologia de linhagens promissoras de feijão-caupí submetidas ao estresse salino / João Pedro Alves de Aquino – 2016.

84 f.: il.

Dissertação(Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016.

Orientação: Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra

1 . *Vigna unguiculata* 2. Salinidade 3. Morfologia 4. Fisiologia I. Título

CDD 635.659 2

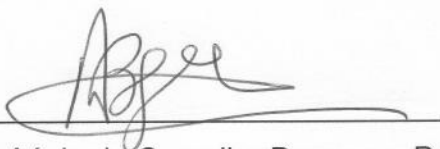
**MORFOFISIOLOGIA DE LINHAGENS PROMISSORAS DE FEIJÃO-CAUPI
SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO**

JOÃO PEDRO ALVES DE AQUINO

Engenheiro Agrônomo

Aprovada em 28, 04, 2016

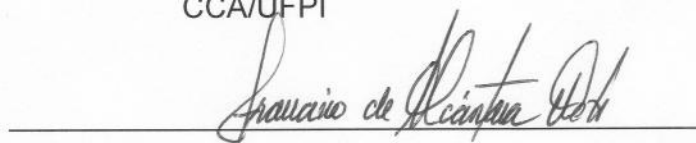
Comissão Julgadora:



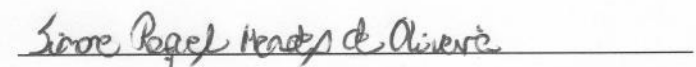
Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra – Presidente
CCA/UFPI



Prof. Dr. Carlos José Gonçalves de Souza Lima – Titular
CCA/UFPI



Prof. Dr. Francisco de Alcântara Neto – Titular
CCA/UFPI



Profa. Dra. Simone Raquel Mendes de Oliveira – Titular
UESPI

Em especial a Deus por sempre guiar meu caminho;
à minha família, pelo apoio, carinho e esforço em acreditar no meu futuro.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela presença constante e pela força nos momentos mais difíceis.

À Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade de realizar este curso de Pós-graduação;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa;

Ao Professor Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra pelas orientações;

Aos Professores Doutores Carlos José Gonçalves de Souza Lima (Co-Orientador), Francisco de Alcântara Neto (Co-Orientador) e Simone Raquel Mendes de Oliveira pelas sugestões;

A Professora Dr^a Regina Lúcia Ferreira Gomes pelas orientações e ensinamentos, na vida pessoal e profissional;

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia, pelos ensinamentos.

Aos secretários da coordenação do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Vicente de Sousa Paulo e Alan Marques de Sousa, pelos auxílios, orientações e serviços prestados.

À Rede Interinstitucional para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), pela estrutura da casa de vegetação onde foi desenvolvida a pesquisa;

À Embrapa Meio-Norte, ao Programa de Melhoramento Genético de Feijão-caupi, aos pesquisadores Dr. Maurisrael de Moura Rocha, Dr. Lúcio Flavo Lopes Vasconcelos, e ao Técnico de laboratório Diêgo Sávio Vasconcelos de Oliveira, pela colaboração na realização deste trabalho;

Aos meus pais, José Pedro de Aquino e Maria Cleud Alves de Aquino, que me deram a oportunidade de estudar, sendo o meu alicerce, minha base, meu tudo;

Ao meu irmão, Marcus Vinicius A. de Aquino, minha prima Vanessa Maira Aquino, minha madrinha Maria Eunice Alves de Lima e todos meus familiares, pelo apoio e compreensão;

Aos amigos que contribuíram para consolidação do presente trabalho: Abel Borges, Carlos Aydano, Prof. Carlos Humberto, Daniel, Grazielle Portela, Janaina Mendes,

Jayara Silva, Alzeneide Lopes, Maristella Moura, Nilza Carvalho, Pedro Guimarães, Priscila Barros, Raphael Lira, Ranielson Barbosa, Sandra Mara, Samara Sousa, Samia Pinto, Toinha, Vicente Neto e todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para que chegássemos aos objetivos propostos.

Muito Obrigado!

RESUMO

AQUINO, João Pedro Alves de. **Morfofisiologia de linhagens promissoras de feijão-caupi submetidas ao estresse salino**. 2016. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal) – Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, 2016.

O feijão-caupi é uma leguminosa de grande importância socioeconômica, sendo cultivado nas regiões menos desenvolvidas do mundo. Na região Nordeste do Brasil, a baixa produtividade da cultura pode ser justificada pela escassez de chuvas, como também pelos teores elevados de sais da água utilizada, que além de ser tóxico às plantas podem ocasionar a salinidade do solo com seu uso contínuo. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a morfofisiologia de linhagens promissoras de feijão-caupi, submetidas à irrigação com água salinizada, bem como verificar o acúmulo de sais no solo. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, utilizando vasos plásticos de 3,8 dm³, com irrigações diárias. Aos 15 dias após do semeio (DAS), iniciaram-se os tratamentos com água salinizada. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 5x3 com nove repetições, totalizando 135 parcelas. Sendo dois experimentos, com cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}). A testemunha absoluta (0,55 dS m⁻¹) foi a água de abastecimento da UFPI/CCA e os demais foram 1,25; 2,50; 3,75 e 5,0 dS m⁻¹ no primeiro experimento e 1,60; 3,20; 4,80 e 6,40 dS m⁻¹ no segundo experimento, combinados com três linhagens promissoras MNC05-828C-3-15, MNC04-795F-168 e MNC04-795F-159, oriundas do programa de melhoramento genético de feijão-caupi da EMBRAPA Meio-Norte. As variáveis: diâmetro do caule, número de folhas, número de nós no ramo principal, altura de planta, índice relativo de clorofila (IRC) aos 45 DAS, matéria seca da planta, área foliar, número de nódulos nas raízes, taxa de crescimento absoluto e pH do solo, sofreram redução com o aumento da CE_{ai}. Para o IRC aos 25 DAS, a relação parte aérea/raiz, relação folha/raiz, condutividade elétrica (CE_{1:2,5}), teor de sódio, porcentagem de sódio trocável, razão de adsorção de sódio, com o aumento na CE_{ai}, houve um incremento. Com destaque para a linhagem MNC05-828C-3-15, que foi superior a uma das linhagens, em muitos parâmetros avaliados.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*. Salinidade. Morfologia. Fisiologia.

ABSTRACT

AQUINO, João Pedro Alves de. **Morphophysiology promising strains of cowpea subjected to salt stress**. 2016. 84l. Dissertation (master's degree in Agronomy, area of concentration: Plant Production) – Federal University of Piauí (UFPI), Teresina-PI, 2016.

Cowpea is a legume of great socio-economic importance, being grown in the less developed regions of the world. In northeastern Brazil, low crop productivity can be justified by the lack of rain, but also by the high water content of salts used, in addition to being toxic to plants can lead to soil salinity with its continued use. This study aimed to evaluate the morphophysiology promising strains of cowpea, submitted to irrigation with salinated water and check the accumulation of salts in the soil. The experiments were conducted in a greenhouse, using plastic pots of 3.8 dm³, with daily irrigation. To 15 days after the sowing (DAS), were initiated treatment with salinated water. The experimental design was completely randomized (CRD) in a factorial scheme 5x3 with nine repetitions, totaling 135 plots. And two experiments with five levels of electrical conductivity of irrigation water (ECiw). The control treatment (0.55 dS m⁻¹) has water supply UFPI/ CCA and the others were 1.25; 2.50; 3.75 and 5.0 dS m⁻¹ in the first experiment and 1.60; 3.20; 4.80 and 6.40 dS m⁻¹ in the second experiment, combined with three promising lines MNC05-828C-3-15, MNC04-795F-168 and MNC04-795F-159, coming from the breeding program of cowpea EMBRAPA Mid-North. The variables: stem diameter, number of leaves, number of nodes on the main stem, plant height, relative chlorophyll index (RCI) to 45 DAS, plant dry weight, leaf area, number of nodules in the roots, absolute growth rate and soil pH were reduced with increasing ECiw. For the RCI to 25 DAS, relationship top/root, relationship leaf/root, electrical conductivity (EC_{1:2.5}), sodium content, exchangeable sodium percentage, sodium adsorption ratio with increases in ECiw, there was an increase. Especially the MNC05-828C-3-15 lineage, which was more than one of the lines in many parameters evaluated.

Keywords: *Vigna unguiculata*. Salinity. Morphology. Physiology.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição dos vasos sobre as bancadas, espaçamento (A), linhas por bancada (B) e entre linhas nas três bancadas (C). Teresina, PI, 2016.	28
Figura 2. Semeadura ao período de desbaste (10 DAS). Teresina, PI, 2016.	28
Figura 3. Leitura da condutividade elétrica em condutivímetro, modelo Lutron CD-4301. Teresina, PI, 2016.	29
Figura 4. Coleta de dados não destrutivos. Teresina, PI, 2016.	31
Figura 5. Medidor eletrônico clorofiLOG, modelo CFL 1030. Teresina, PI, 2016.	32
Figura 6. Leitor de área foliar, modelo LI-3100. Teresina, PI, 2016.	33
Figura 7. Valores diários observado de precipitação pluviométrica, em mm, temperatura máxima, mínima e média, em °C e, umidade relativa do ar, no período dos experimentos. Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.	36
Figura 8. Condutividade elétrica da solução em função da concentração de NaCl. Teresina, PI, 2016.	37
Figura 9. Diâmetro do caule (DC), em mm, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25 e 35 DAS no Exp. I (A) e 25 DAS do Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.	39
Figura 10. Número de folhas (NF) das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25, 35 e 45 DAS para o Exp. I (A) e aos 35 e 45 DAS Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.	42
Figura 11. Número de nós no ramo principal (NNRP), das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25, 35 e 45 DAS para os experimentos, Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.	44
Figura 12. Altura da planta (ALT), em cm, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25, 35 e 45 DAS para os experimentos, Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.	45
Figura 13. Índice relativo de clorofila (IRC), em %, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25 DAS para os experimentos, Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.	48
Figura 14. Número de nódulos (NN) ocorridos naturalmente na raiz das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25 e 38 DAS para os experimentos, Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.	51
Figura 15. Área foliar (AF), em cm ² , das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25 DAS para os experimentos I (Exp. I) e II (Exp. II). Teresina, PI, 2016.	54
Figura 16. Matéria seca da parte aérea (MSPA) das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25 e 38 DAS para o Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.	56
Figura 17. Matéria seca das folhas (A) das hastes (B) para o Exp. I, e matéria seca das folhas (C) das hastes (D) para o Exp. II das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai). Teresina, PI, 2016.	58
Figura 18. Matéria seca das raízes (MSR), em gramas, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 38 DAS. Teresina, PI, 2016.	60

Figura 19. Matéria seca total (MST), em gramas, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25 e 38 DAS para o Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.	61
Figura 20. Taxa de crescimento absoluto (TCA), das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), para o Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.	63
Figura 21. Relação parte aérea/raiz (RPAR) e folha/raiz (RFR), em $g\ g^{-1}$, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), para o Exp. II. Teresina, PI, 2016.	65
Figura 22. pH do solo dos vasos das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), para os experimentos I (Exp. I) e II (Exp. II) Teresina, PI, 2016.	68
Figura 23. Teor de sódio (Na) no solo dos vasos, em $mmol_c\ L^{-1}$, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), para o Exp. I. Teresina, PI, 2016.	70
Figura 24. Razão de adsorção de sódio – RAS e porcentagem de sódio trocável – PST do solo dos vasos das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), para os experimentos, Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.	71

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Principais características das três linhagens de feijão-caupi avaliadas. Teresina, PI, 2016.	27
Tabela 2. Caracterização química do solo usado nos vasos, na camada 0,00 - 0,20 m, Teresina-PI, 2016.	27
Tabela 3. Médias da condutividade elétrica real da água de irrigação em dS m^{-1} , e a concentração de NaCl em g L^{-1} . Teresina, PI, 2016.	37
Tabela 4. Resumo das análises de variância dos experimentos (Exp. I e Exp. II) para diâmetro do caule (DC), aos 25, 35 e 45 DAS. Teresina, PI, 2016.	38
Tabela 5. Médias do diâmetro do caule (DC) das três linhagens aos 25, 35 e 45 DAS (Exp. I) e aos 25 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.	38
Tabela 6. Médias do diâmetro do caule (DC) no Exp. II aos 35 e 45 DAS, das três linhagens em função das cinco condutividades elétricas. Teresina, PI, 2016.	39
Tabela 7. Resumo das análises de variância para número de folhas (NF), aos 25, 35 e 45 DAS do Exp. I e aos 35 e 45 DAS do Exp. II, Teresina, PI, 2016.	40
Tabela 8. Médias do número de folhas (NF) por linhagem aos 25, 35 e 45 DAS (Exp. I) e aos 35 e 45 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.	41
Tabela 9. Resumo das análises de variância dos experimentos (Exp. I e Exp. II) para número de nós no ramo principal (NNRP), aos 25, 35 e 45 DAS. Teresina, PI, 2016.	43
Tabela 10. Médias do número de nós no ramo principal (NNRP) por linhagem aos 25, 35 e 45 DAS dos experimentos, Exp. I e Exp. II. Teresina, PI, 2016.	43
Tabela 11. Resumo das análises de variância dos experimentos, Exp. I e Exp. II para altura da planta (ALT), aos 25, 35 e 45 DAS. Teresina, PI, 2016.	44
Tabela 12. Médias da altura das plantas (ALT) por linhagem aos 35 e 45 DAS (Exp. I) e aos 25 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.	45
Tabela 13. Resumo das análises de variância dos experimentos (Exp. I e Exp. II) para Índice relativo de clorofila (IRC), aos 25, 35 e 45 DAS. Teresina, PI, 2016.	46
Tabela 14. Médias do índice relativo de clorofila (IRC) por linhagem aos 25 e 35 DAS (Exp. I) e aos 25 e 35 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.	47
Tabela 15. Médias do índice relativo de clorofila (IRC), das três linhagens em função das cinco condutividades elétricas. Teresina, PI, 2016.	47
Tabela 16. Resumo das análises de variância dos experimentos, Exp. I e Exp. II, para número de nódulos na raiz (NN), aos 25 e 38 DAS. Teresina, PI, 2016.	50
Tabela 17. Médias para o número de nódulos (NN) aos 25 e 38 DAS do Exp. II. Teresina, PI, 2016.	50
Tabela 18. Resumo das análises de variância do Exp. I (Exp. I) e II (Exp. II) para a área foliar (AF), aos 25 e 38 DAS. Teresina, PI, 2016.	52
Tabela 19. Médias da área foliar (AF) por linhagem aos 25 DAS (Exp. I) e aos 25 e 38 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.	53
Tabela 20. Médias da área foliar (AF), das três linhagens em função das cinco condutividades elétricas. Teresina, PI, 2016.	53
Tabela 21. Resumo das análises de variância do Exp. I (Exp. I) e II (Exp. II) para matéria seca da parte aérea (MSPA), aos 25 e 38 DAS. Teresina, PI, 2016.	55
Tabela 22. Médias da matéria seca (MSPA) da parte aérea por linhagem aos 25 e 38 DAS (Exp. I) e aos 38 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.	55

Tabela 23. Resumo das análises de variância do Exp. I (Exp. I) e II (Exp. II) para a matéria seca das folhas e hastes, aos 25 e 38 DAS. Teresina, PI, 2016.	57
Tabela 24. Médias da matéria seca das folhas (MSF), e das hastes (MSH), por linhagem aos 25 e 38 DAS (Exp. I) e aos 25 e 38 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.....	57
Tabela 25. Resumo das análises de variância do Exp. I (Exp. I) e II (Exp. II) para a matéria seca das raízes (MSR) e total (MST), aos 25 e 38 DAS. Teresina, PI, 2016.....	59
Tabela 26. Médias das matérias seca das raízes (MSR) aos 25 e 38 DAS, e matérias seca total (MST) aos 25 DAS por linhagem dos experimentos, Exp. I e Exp. II. Teresina, PI, 2016.	59
Tabela 27. Médias da matéria seca das raízes (MSR), das três linhagens em função das cinco condutividades elétricas, no Exp. II. Teresina, PI, 2016.....	60
Tabela 28. Resumo das análises de variância para a taxa de crescimento absoluto e relativo, em $g\ d^{-1}$ e $g\ g^{-1}d^{-1}$. Teresina, PI, 2016.....	62
Tabela 29. Médias da taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) por linhagem dos experimentos, Exp. I e Exp. II. Teresina, PI, 2016.....	63
Tabela 30. Resumo das análises de variância do Exp. I (Exp. I) e II (Exp. II) para a relação parte aérea/raiz (RPAR) e relação folha/raiz (RFR), em $g\ g^{-1}$, Teresina, PI, 2016. ...	64
Tabela 31. Médias da relação parte aérea/raiz (RPAR) e folha/raiz (RFR) por linhagem dos experimentos, Exp. I e Exp. II. Teresina, PI, 2016.....	65
Tabela 32. Resumo das análises de variância dos experimentos I (Exp. I) e II (Exp. II) para a condutividade elétrica ($CE_{1:2,5}$), potencial hidrogeniônico (pH), sódio (Na), porcentagem de sódio trocável (PST) e Razão de adsorção de sódio (RAS) do solo dos vasos após a condução dos experimentos. Teresina, PI, 2016.....	66
Tabela 33. Médias para a Condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}) do solo dos vasos das três linhagens em função das cinco condutividades elétricas, dos experimentos (Exp. I e Exp. II). Teresina, PI, 2016.	67
Tabela 34. Médias para teor de sódio (Na) do solo dos vasos das três linhagens em função das cinco condutividades elétricas. Teresina, PI, 2016.	69

LEGENDA

AF – Área foliar

ALT – Altura da planta

CE_{1:2,5} – Condutividade elétrica em extrato solo:água (1:2,5)

CE_{ai} – Condutividade elétrica da água de irrigação

CV – Capacidade de vaso

DAS – Dias após o semeio

DC – Diâmetro do caule

Exp. I – Primeiro experimento

Exp. II – Segundo experimento

FV – Fonte de variação

IRC – Índice relativo de clorofila

MSF – Matéria seca das folhas

MSH – Matéria seca da haste

MSPA – Matéria seca da parte aérea

MSR – Matéria seca da raiz

NF – Número de folhas

NN – Número de nódulos nas raízes

NNRP – Número de nós no ramo principal

RFR – Relação folha e raiz

RPAR – Relação parte aérea e raiz

TCA – Taxa de crescimento absoluto

TCR – Taxa de crescimento relativo

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Feijão-caupi: origem, distribuição e classificação botânica	18
2.2	Importância socioeconômica do feijão-caupi	19
2.3	Linhagens em ensaios de valor de cultivo e uso- VCU	20
2.4	Salinidade e seus efeitos no solo	20
2.5	Efeito dos sais nas plantas	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Localização e caracterização da área experimental	26
3.2	Tratamentos e delineamento experimental	26
3.3	Caracterização do solo e adubação	27
3.4	Implantação dos experimentos	27
3.5	Curva de salinidade artificial	29
3.6	Manejo da água aplicada	29
3.7	Características avaliadas (avaliações não destrutivas).....	31
3.7.1	Diâmetro do caule – DC.....	31
3.7.2	Número de folhas – NF	32
3.7.3	Número de nós no ramo principal – NNRP	32
3.7.4	Altura da planta – ALT.....	32
3.7.5	Índice relativo de clorofila – IRC.....	32
3.8	Características avaliadas (avaliações destrutivas)	32
3.8.1	Número de nódulos – NN	32
3.8.2	Área foliar – AF	33
3.8.3	Matéria seca da planta.....	33
3.8.4	Taxa de crescimento absoluto (TCA).....	34
3.8.5	Taxa de crescimento relativo (TCR).....	34
3.8.6	Relação parte aérea/raiz (RPAR).....	34
3.8.7	Relação folha/raiz (RFR).....	34
3.9	Análises do acúmulo de sais no solo	34
3.10	Análise estatística	35
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1	Avaliações preliminares	36

4.2	Experimentos	38
4.2.1	Diâmetro do caule – DC	38
4.2.2	Número de Folhas – NF	40
4.2.3	Número de nós no ramo principal – NNRP	42
4.2.4	Altura da planta – ALT	44
4.2.5	Índice relativo de clorofila – IRC	46
4.2.6	Número de Nódulos – NN	49
4.2.7	Área Foliar – AF.....	52
4.2.8	Matéria seca da planta.....	55
4.2.9	Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) e Relativo (TCR)	62
4.2.10	Relações parte aérea/raiz (RPAR) e folha/raiz (RFR)	64
4.2.11	Análises do acúmulo de sais no solo.....	66
5.	CONCLUSÕES.....	73
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
	REFERÊNCIAS	75

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] é uma leguminosa de importante valor nutricional e adaptativo, por isso é bastante cultivada por agricultores de baixa renda no mundo. No Brasil, atualmente é produzido em grande escala na região Centro-Oeste, no entanto seu cultivo sempre foi mais expressivo nas regiões Norte e Nordeste, com predomínio no semiárido nordestino, onde é cultivado por pequenos produtores e condições edafoclimáticas desfavoráveis.

A produtividade média do feijão-caupi na região Nordeste está abaixo dos demais centros produtores, ocasionada por fatores como seca prolongada, baixo nível tecnológico, mau uso da tecnologia presente e salinidade do solo e da água. Dentre todos estes fatores, a salinidade do solo e da água torna-se problemática para o desenvolvimento de diversas culturas, inclusive para o feijão-caupi, principalmente por ser uma condição comumente encontrada nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro.

A salinização do solo caracteriza-se pelo aumento progressivo dos níveis de concentração de sais, da qual pode ocorrer de forma primária, sem a ação do homem, ou secundária em virtude do uso excessivo de fertilizantes e ou pelo uso de irrigação com água salina, mesmo não contendo uma quantidade de sais que venha a ocasionar danos imediatos às plantas. Entretanto, o uso recorrente da irrigação pode aumentar o acúmulo de sais no solo (SARMENTO, 2011).

O processo de salinização natural advém de fatores como: a insuficiência ou irregularidade de chuvas, temperaturas elevadas e evaporação intensa. Todos estes elementos são comuns nas regiões áridas e semiáridas, e com a lixiviação dos sais presentes no solo e advindos da água das chuvas normalmente é ineficiente, por apresentar maior evaporação da água comparativamente aos níveis de precipitações, o processo de salinização torna-se mais acentuado.

O solo é considerado salino quando apresenta condutividade elétrica a partir de 4 dS m^{-1} (MUNNS e TESTER, 2008). As condições de solos salinos podem limitar a produção das culturas. Essa salinização afeta diretamente a planta, influenciando negativamente sua capacidade de absorção de água, provocando alterações metabólicas semelhantes às provocadas pelo déficit hídrico (COELHO et al., 2014).

A cultura do feijão-caupi é considerada moderadamente tolerante à salinidade do solo e da água, podendo suportar níveis de condutividade elétrica na água de até $3,3 \text{ dS m}^{-1}$ e, no extrato do solo, de até $4,9 \text{ dS m}^{-1}$ (AYRES; WESTCOT, 1999).

Mesmo sendo uma cultura moderadamente tolerante Dantas et al. (2002) descreveram que esse grau de tolerância à salinidade pode variar em função da cultivar, do próprio estágio de desenvolvimento das plantas, do tempo de exposição ao estresse salino, das condições edafoclimáticas e do manejo da irrigação. Destacam ainda que o nível de salinidade $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ torna-se mais indicado quando se deseja fazer avaliações comparativas entre genótipos de feijão-caupi, quando se busca tolerância ao estresse salino.

Em relação à cultura do feijão-caupi, estão disponíveis na literatura vários trabalhos, como as pesquisas de Brito et al. (2015), Sousa et al. (2014) e Andrade et al. (2013) que demonstram alterações nos caracteres morfofisiológicos, quando em condições crescentes dos níveis de salinização.

Diante do exposto objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar as respostas morfofisiológicas de linhagens promissoras de feijão-caupi submetidas à irrigação com água salina na fase vegetativa, como também quantificar o acúmulo de sais no solo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Feijão-caupi: origem, distribuição e classificação botânica

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma cultura de grande capacidade adaptativa devido à ampla variabilidade genética existente, sendo cultivado, principalmente, nas regiões áridas e semiáridas do mundo. Esta característica torna o feijão-caupi uma das principais culturas de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil, especialmente no semiárido nordestino, onde se constitui um dos principais componentes da dieta alimentar da população, particularmente na zona rural (LIMA et al., 2007).

O continente africano apresenta todas às 170 espécies (incluindo as formas silvestres da espécie) de feijão-caupi catalogadas, das quais 66 delas são endêmicas da região, sendo considerado o Centro de origem do mesmo (BRITO, 2014).

No século XVI, o feijão-caupi foi introduzido na América Latina primeiramente nas colônias espanholas. No Brasil foi introduzido pelos colonizadores portugueses no estado da Bahia, de onde foi disseminado para todo o país (FREIRE FILHO, 1988). No Piauí, segundo Dias (2008), os primeiros relatos do cultivo do mesmo ocorreram no final do século XVII, em meados de 1697.

A classificação botânica aceita, segundo Freire Filho et al. (2011), destaca que o feijão-caupi é uma planta Dicotyledonea, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Vigna*, secção *Catyang*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *unguiculata*, subdividida em quatro cultigrupos, mas apenas dois são cultivados no Brasil: o *Unguiculata* para a produção de grãos secos e verdes, e *Sesquipedalis* para a produção de vagens.

O feijão-caupi é uma leguminosa, autógama, conhecida no Nordeste como feijão-de-corda ou feijão-macassar; no Norte, feijão-da-colônia e feijão-de-praia; no Sul, como feijão-miúdo. Em algumas regiões da Bahia e norte de Minas Gerais, pode ser conhecido como feijão-gurutuba ou feijão-catador, e em outras regiões da Bahia e do estado do Rio de Janeiro, como feijão-fradinho (FREIRE FILHO et al., 2005a).

2.2 Importância socioeconômica do feijão-caupi

O feijão-caupi é uma cultura de grande plasticidade e, portanto, de suma importância nos trópicos quentes-áridos e sub-trópicos. É cultivado em parte da Ásia, Estados Unidos, Oriente Médio, nas Américas e, especialmente, na África Sub-Saariana, onde é utilizado de muitas formas na gastronomia (SINGH, 2007). No Brasil o feijão-caupi é consumido em todas as regiões, com ênfase no Norte e Nordeste, o qual se destaca como cultura de notável valor socioeconômico, constituindo-se em um dos principais componentes alimentares nessas regiões (FREIRE FILHO et al., 2005b).

Dentre os diferentes produtos agrícolas encontrados nas regiões tropicais, o feijão-caupi se destaca pelo seu alto valor nutritivo, além do baixo custo de produção. Frota et al. (2008), trabalhando com feijão-caupi, constataram a existência de diversos atributos nutricionais desejáveis, como alto conteúdo proteico e energético, de fibras alimentares e de minerais, tais como: ferro, zinco, potássio, fósforo e magnésio. Além disso, baixo teor de lipídios e proporção de ácidos graxos insaturados, superiores aos saturados.

Nos últimos 20 anos, a cultura do feijão-caupi passou por modificações relevantes, destacando-se o aumento da produtividade, a mecanização do sistema de produção, a expansão do cultivo em sistemas empresariais no Centro-Oeste, tornando-se uma das principais culturas nessa região, e nos Cerrados em safrinha. Essa expansão da área plantada proporcionou aumento da produção de feijão-caupi, a qual, a partir de 2005, foi de aproximadamente 20% da produção total de feijão do país (WANDER, 2007), permanecendo próxima aos 20% até os dias atuais, segundo a FAO (SALVADOR, 2014).

Conforme dados da FAO (SALVADOR, 2014), a produção média mundial de feijão-caupi foi de 5,6 milhões de toneladas, no período de 2007 a 2012. Os três principais países produtores, que juntos respondem por cerca de 80% da produção mundial de feijão-caupi seco, são os africanos: Nigéria com 47% da produção mundial, seguida de Níger, com 23% do volume total médio e Burkina Faso com 9%.

A área cultivada de feijão-caupi no Brasil de 2011 a 2014 alcançou uma média de mais 1,2 milhões de hectares, com uma produtividade média de mais de 400 kg ha⁻¹ no ano em 2014, dos quais a região Nordeste assume mais de 86% de área plantada, com produção de mais de 320 mil toneladas, das quais mais de 17% da área plantada e 55 mil toneladas, correspondem ao estado do Piauí

(SILVA, 2015). Entretanto, a região Nordeste, mesmo apresentando maior área plantada e maior produção, possui produtividade menor que 310 kg ha^{-1} , enquanto a região Centro-Oeste, com uma produção de pouco mais de 120 mil toneladas, atingiu produtividade média de cerca de 1.100 kg ha^{-1} , no ano de 2014.

2.3 Linhagens em ensaios de valor de cultivo e uso- VCU

Um programa de melhoramento, independentemente do método e do objetivo do melhorista, tem por obrigação realizar avaliações dos genótipos quando se chega à homozigose desejada. As avaliações iniciais das linhagens selecionadas são realizadas, geralmente, por meio dos ensaios preliminares. Essas avaliações têm como objetivo selecionar linhagens para que possam ser testadas com uma amplitude maior em ensaios de valor de cultivo e uso - VCU (RAMALHO et al., 2012).

Os ensaios de VCU constituem-se as avaliações finais de linhagens elites ou promissoras, selecionadas em ensaios preliminares e devem ser realizados em pelo menos três locais, durante dois anos. O objetivo principal desses ensaios é observar o comportamento de características morfológicas, biológicas, fisiológicas, bromatológicas, moleculares, além da reação às pragas e às doenças. Após os ensaios de VCU, as linhagens promissoras de maior potencial serão lançadas no mercado como cultivar, para isso, elas devem estar inscritas no Registro Nacional de Cultivares. Este registro é realizado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1997).

2.4 Salinidade e seus efeitos no solo

A salinização do solo pode ser classificada em primária (de causa natural) e secundária. A salinização primária ocorre, sobretudo, devido à baixa pluviosidade, às elevadas temperaturas e evaporação da água no solo. Associado a esses fatores, há o acúmulo de íons oriundos da água ou do intemperismo, que também contribuem para a salinização do solo. A salinização secundária, por sua vez, desenvolve-se, principalmente, por meio da ação antrópica, como a irrigação com água salobra, ou ainda por causa de fertirrigações mal planejadas (PASTERNAK; DE MALACH, 1995).

Devido ao aumento da população mundial, existe uma tendência à expansão do cultivo para as diversas áreas do mundo, inclusive as marginais, ou seja, as que

apresentam problemas com secas recorrentes e solos salinos, aquelas que têm tendência à salinização e à desertificação. As regiões áridas e semiáridas do mundo, por apresentarem condições climáticas adversas, tendem a busca ganhos nas produções com o cultivo irrigado. Porém, com esse manejo sendo conduzido de maneira inadequada pode levar a salinização secundária do solo e ampliação do problema causado pelos sais na planta (SILVEIRA et al., 2010).

O território nacional permite que o Brasil apresente diversas condições edafoclimáticas. A região Nordeste possui quase 70% de sua superfície classificada como semiárido (BRASIL, 2005). No estado do Piauí, a área considerada como semiárido abrange 150.454,25 km², ocupando cerca de 60% da área total do Estado, abrangendo 127 municípios (PIAUÍ, 2005).

As regiões semiáridas, tanto no Nordeste brasileiro como no resto do mundo, são caracterizadas por verões longos e secos, alternados com períodos úmidos de curta duração, com baixo volume pluviométrico e mal distribuído (PALÁCIO et al., 2009). Em geral, essas regiões situam-se sobre rochas cristalinas impermeáveis, cuja a água encontrada nas fraturas das rochas que quase sempre é de má qualidade. Associado a isso, temos ainda a falta de água agravada pela escassez de reservas de água em barragens e rios, em sua maioria, não perenes, dificultando o abastecimento hídrico (BARROSO et al., 2011).

Em razão dessa alta taxa de evaporação presente em regiões áridas e semiáridas, o uso da irrigação pode acarretar na incorporação de sais ao perfil do solo, pois mesmo em pequenas quantidades, há sais solúveis na água. Com pouca ou ausência de lixiviação, alta evaporação e o uso contínuo da irrigação, os sais depositam-se na camada mais superficial do solo, na região do sistema radicular da maior parte das culturas (CARVALHO et al., 2012).

O uso de água salina na irrigação de plantas pode acarretar modificações nas características do solo, elevando os teores de magnésio e sódio, a razão de adsorção de sódio e a porcentagem de sódio trocável (HOLANDA FILHO et al., 2011).

Segundo Schossler et al. (2012), com a presente sensibilidade das diversas culturas aos sais presentes na água ou nos solos salinos, verifica-se a necessidade de pesquisas voltadas para a busca de tecnologias viáveis para os produtores, como cultivares mais resistentes, com isso obtendo redução mínima dos efeitos destrutivos

do estresse salino nas plantas, observando que o uso de água salina é cada vez mais comum nas regiões semiáridas.

Mesmo com o problema eminente do estresse salino, o melhoramento vegetal no mundo pouco avançou em relação à criação de cultivares tolerantes a esse tipo de adversidade. A tendência do melhoramento tradicional continua sendo o aumento na produtividade em condições favoráveis. O melhoramento voltado para esses caracteres que controlam resistência a condições adversas como o estresse salino não é fácil, pois envolve diversas redes metabólicas que sofrem forte interação com o ambiente, e são de caráter quantitativo (SILVEIRA et al., 2010).

Um solo cultivável, quando submetidos à salinidade oriunda da água de irrigação por longos períodos, tende a apresentar modificações em sua estrutura com a interação eletroquímica existente entre os cátions e a argila, que ocorre de maneira forte em solos com excesso de sódio trocável. Durante a expansão da argila, pode ocorrer a fragmentação da mesma e, com isso, a modificação em sua estrutura, ocasionando problemas na retenção de água, na densidade aparente e provocando encharcamento na superfície do solo, devido à redução da permeabilidade da água (DIAS; BLANCO, 2010).

A irrigação com água salina provoca o incremento nos teores de sais tóxicos pode provocar uma progressão no estado de salinização do solo quando o valor depositado pela água de irrigação for maior que o removido pela drenagem (ARMAS et al., 2010). Em pesquisas, observando as características químicas do solo após o cultivo irrigado com água salina, é possível constatar aumento na condutividade elétrica, no teor de sódio (Na), razão de adsorção de sódio (RAS) e porcentagem de sódio trocável (PST), fatores estes que estão presentes em maior quantidade em solos salinos e sódicos (BARBOSA et al., 2005; GARCIA et al., 2008 e HOLANDA FILHO et al., 2011).

Silva et al. (2011), trabalhando com vários tipos de solo, observaram que os valores de salinidade do Argissolo e do Cambissolo apresentaram incremento linear em função dos níveis crescentes de salinidade da água de irrigação. O primeiro onde ocorre uma concentração menor de argila, obteve uma quantidade menor de sais, enquanto que o outro apresentando maior quantidade de sais e, conseqüentemente, uma concentração maior de argila. Isso se explica, possivelmente, pela maior eficiência da lixiviação que o primeiro solo tem, por ser

mais arenoso. O que demonstra, solos com maior eficiência na lixiviação retém menos sais em suas camadas agricultáveis.

2.5 Efeito dos sais nas plantas

As plantas submetidas à condição de salinidade, tanto no solo quanto na água, podem apresentar respostas negativas ao efeito da salinização, como dificuldade na absorção de água, pois tendem a aumentar a pressão osmótica para suportar a salinidade e isso pode chegar a um ponto em que as plantas não terão força de sucção suficiente para superar a pressão osmótica e com isso, mesmo em ambiente notadamente úmido, não conseguirão absorver água (DIAS; BLANCO, 2010). Ainda podem apresentar vários sintomas tanto na parte morfológica, como fisiológica, em diversas funções como: diminuição no crescimento, queimaduras nas folhas, perdas de folhas, morte da parte aérea, causados por vários fatores, como a toxidez de íons específicos presentes nesse meio salino (GONELA et al., 2006).

Para Silveira et al. (2010), existe uma faixa de salinidade no qual as plantas conseguem, mesmo com redução na produtividade, completar o ciclo e produzir em menor quantidade. Essa faixa para a cultura do feijão-caupi seria entre 2 e 4 dS m⁻¹ de condutividade elétrica do solo. Nesse caso, mesmo a planta sofrendo redução no seu crescimento em virtude de uma menor transpiração, com um maior controle estomático, menor lâmina foliar e, conseqüentemente, redução na fotossíntese, ainda consegue desenvolver-se e produzir.

A redução na produtividade e a desuniformidade no crescimento decorrem da diminuição do potencial hídrico e do acúmulo de íons, especialmente Cl e Na, nos tecidos vegetais. Isso acontece em virtude da relação de dependência direta entre o processo de extensibilidade da parede celular com o crescimento propriamente dito, que é a divisão e a alongação celular (MUNNS; TESTER, 2008).

Diversos autores relatam a redução no crescimento das plantas, causada pelo estresse advindo da submissão das mesmas à água ou ao solo salino. Nascimento et al., 2013, Sousa et al. (2014), Andrade et al. (2013), Calvet et al. (2013) trabalhando com feijão-caupi submetido ao estresse salino, observaram que o incremento na salinidade, provocaram redução nos parâmetros de crescimento como altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas.

Alguns parâmetros devem ser avaliados dentro de um intervalo de tempo em que a planta esteja submetida ao estresse para obter a velocidade média e o incremento de crescimento ao longo do período de observação. Benincasa (1988) acredita que as taxas de crescimento absoluto e relativo podem dar a ideia da velocidade média de crescimento e considerar o ganho da planta, em um determinado período, para chegar à medida de incremento do vegetal. Essas taxas são bons parâmetros para avaliar o comportamento da planta. Pesquisas apontam redução nas taxas de crescimento com aumento da salinidade, Neves et al (2009), relatam que essa redução ocorre tanto na taxa de crescimento absoluto quanto na taxa de crescimento relativo.

Para ter um desenvolvimento dos vegetais em condição salina é necessário um balanço osmótico muito preciso, pois qualquer falha pode ocasionar problemas semelhantes aos do estresse hídrico severo, como a perda de turgescência e a redução no crescimento e produção (ASHRAF; HARRIS, 2004). Essas adversidades também provocam redução para a fitomassa seca das folhas, possivelmente, por gerar o decréscimo que ocorre na parte de fotoassimilados, causando redução linear na taxa de assimilação de CO₂, transpiração, condutância estomática e eficiência do uso da água (FURTADO et al., 2013).

Com a redução em vários parâmetros fisiológicos, temos para o índice relativo de clorofila uma discordância entre os autores. Nascimento et al. (2012), Willadino et al. (2011) e Santos et al. (2012), em seus experimentos encontraram redução do índice com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, devido ao fechamento dos estômatos ocasionou a diminuição na fixação de carbono fotossintético, que proporcionou essa redução. Por outro lado Lacerda et al. (2006), Andrade (2013), Wang et al. (2002), Mendonça et al. (2010) e Graciano et al. (2011), observaram acréscimo do índice relativo de clorofila, com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação que pode ser devido a algum processo adaptativo da planta, fato esse que necessita de maiores estudos.

Fisiologicamente, as plantas apresentam alterações que afetam muito seu desenvolvimento; Xavier et al. (2014) observaram que a irrigação com água salina a partir de 0,9 dS m⁻¹ proporcionou redução linear na fitomassa seca da parte aérea, tanto do caule quanto das folhas do feijão-caupi. Esses elementos fisiológicos afetaram diretamente o desenvolvimento da parte morfológica e produtiva da planta. Autores como Silva et al. (2009), Sousa et al. (2010), Coelho et al. (2013) e Oliveira

et al. (2013), trabalhando com feijão-caupi submetido ao estresse salino, também encontraram redução na fitomassa seca de toda a planta, tanto parte aérea como raiz, com aumento dos níveis de salinidade.

Estudando o potencial osmótico do feijão-caupi, cultivado em solos salinizados com condutividade elétrica do solo de até 12 dS m^{-1} , foi constatado por Coelho et al. (2014) que, mesmo em diferentes texturas de solo, nessa condição extrema de salinidade o feijão-caupi tende a manter a umidade foliar, ou seja, apesar da intensificação do estresse salino, não ocorreu variação nessa umidade, apontando um possível mecanismo de ajuste osmótico relacionado com um controle maior no fechamento dos estômatos.

Na literatura existe pesquisas com feijão-caupi submetidos a estresse salino que observam o uso da irrigação com água salinas, com condutividade elétrica de até $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, apenas durante alguns estádios de desenvolvimento, água salina sendo aplicada a partir da pré floração até o final do ciclo, não promove alterações negativas na qualidade nutricional e mineral, gerando até um incremento em alguns minerais (Na, Cl e Ca), sem redução da produtividade (NEVES et al., 2008; LACERDA et al., 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação contendo cobertura de filme de polietileno transparente na espessura de 150 micras com tratamento contra raios ultravioleta e cortina de sombreamento móvel, localizada na área experimental do Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar (PMGCA-UFPI/RIDESA) do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias – CCA, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), no município de Teresina-PI, nas coordenadas 05°04'35" Sul, 42°78'38" Oeste e altitude de 72 m. O primeiro experimento (Exp. I) foi conduzido no período de 02/03/2015 a 16/04/2015 e o segundo experimento (Exp. II) de 22/06/2015 a 06/08/2015.

O clima local, segundo a classificação de Thornthwaite; Mather (1955), é C1sA'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão. Segundo Bastos; Andrade Júnior (2014) a precipitação pluviométrica média anual é de 1.343,4 mm, concentrando-se entre os meses de janeiro a abril, com temperatura média de 28,2 °C e a umidade relativa média do ar de 69,7%.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram nas combinações de cinco condutividades elétricas da água de irrigação (CEai) com três linhagens (L1 = MNC05-828C-3-15, L2 = MNC04-795F-168, e L3 = MNC04-795F-159) dos VCU's da Embrapa Meio-Norte (Tabela 1), comuns aos dois experimentos. As condutividades no Exp. I foram de CEai₀= 0,55; CEai₁= 1,25; CEai₂= 2,50; CEai₃= 3,75; CEai₄= 5,00, em dS m⁻¹. No Exp. II foram de CEai₀= 0,55; CEai₁= 1,60; CEai₂= 3,20; CEai₃= 4,80; CEai₄= 6,40, em dS m⁻¹. Em ambos os experimentos, para o nível controle, utilizou-se água de abastecimento da UFPI/CCA que apresentava condutividade elétrica de 0,55 dS m⁻¹. A aplicação dos níveis de salinidade iniciou aos 15 dias após o semeio (DAS) e foi finalizado aos 45 DAS. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 5x3 com nove repetições, constituindo 135 parcelas.

Tabela 1. Principais características das três linhagens de feijão-caupi avaliadas. Teresina, PI, 2016.

Linhagens	Classe Comercial	Cor do tegumento da semente	Ciclo de maturação (dias)	Porte da planta
L1- MNC05-828C-3-15	Branco	Branca	40-60	Ereto
L2- MNC04-795F-168	Branco	Branca	40-60	Semiereto
L3- MNC04-795F-159	Cores	Marrom	40-60	Semiereto

Fonte: EMBRAPA Meio-Norte

3.3 Caracterização do solo e adubação

O cultivo foi realizado em vasos plásticos de 3,8 dm³, preenchidos com 3,8 kg de ARGISSOLO Vermelho-Amarelo, eutrófico, textura arenosa, coletado na área experimental do Departamento de Fitotecnia/UFPI, quando da retirada das amostras na camada de 0,00 a 0,20 m para sua caracterização química (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química do solo usado nos vasos, na camada 0,00 - 0,20 m, Teresina-PI, 2016.

pH H ₂ O	MO %	P ----- mg dm ⁻³	K ----- mg dm ⁻³	Na ----- mg dm ⁻³	Mg ⁺² ----- c mol c dm ⁻³	Ca ⁺² ----- c mol c dm ⁻³	Al ⁺³ ----- c mol c dm ⁻³	H+Al ----- c mol c dm ⁻³	SB ----- c mol c dm ⁻³	CTC ----- c mol c dm ⁻³	V %
6,8	1,3	1,5	19,7	12,3	0,50	1,9	0,0	1,5	2,48	3,98	62,31

Fonte: Laboratório de Análise de Solos da UFPI

A adubação foi realizada com sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio, na dosagem 20 kg de N ha⁻¹, 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 70 kg de K₂O ha⁻¹. Para se obter a quantidade de cada vaso, fez-se uma relação do volume do vaso com o volume ocupado em um hectare na camada agricultável de 0,20 m, assim os valores aplicados diretamente em cada vaso corresponderam a 0,19 g de sulfato de amônio, 0,28 g de superfosfato triplo e 0,23 g de cloreto de potássio, pesados em balança analítica digital. Aos 15 DAS, foi realizada adubação de cobertura com 10 kg ha⁻¹ de N, correspondendo a um total de 13,18 g de sulfato de amônio diluído em água, sendo aplicado 15 ml da solução com concentração de 6,51 g L⁻¹ em cada vaso.

3.4 Implantação dos experimentos

Os vasos foram dispostos em bancadas em três linhas espaçadas em 0,30 m, com quinze vasos cada uma, espaçados em 0,22 m dentro das linhas, totalizando 45 vasos por bancada de aço galvanizado com dimensões: 1,20 m de largura x

5,00 m de comprimento x 0,80 m de altura e tampo com tela de malha 30 x 30 mm (Figura 1).

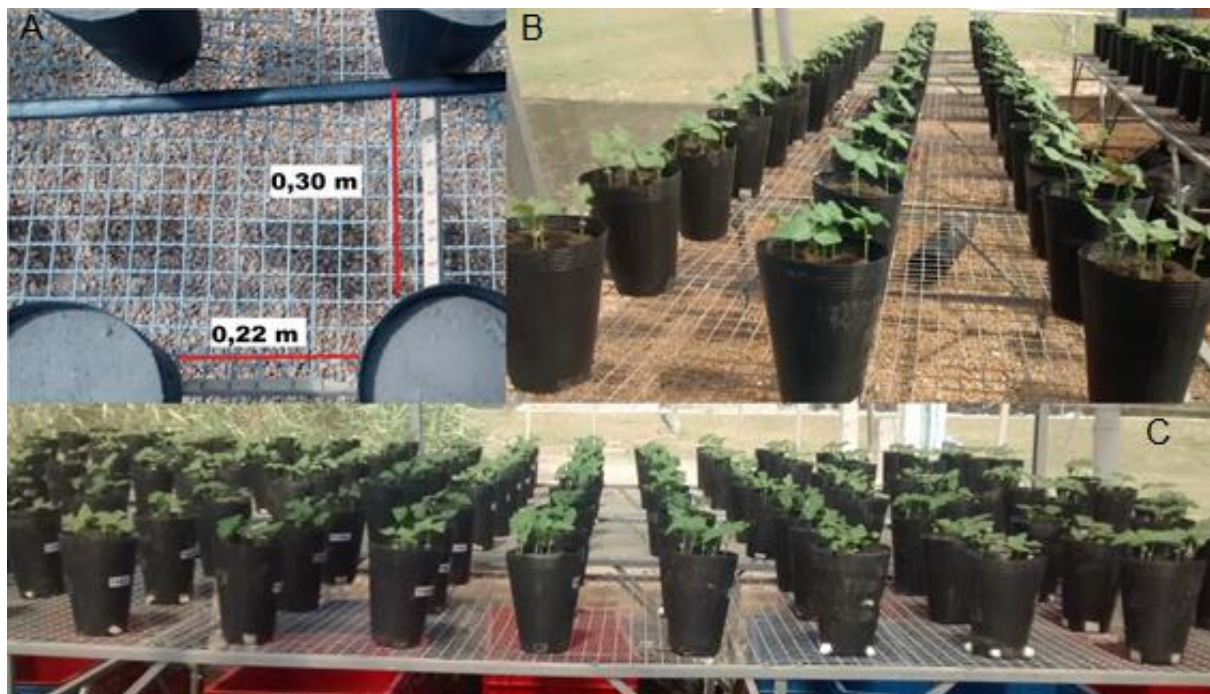


Figura 1. Distribuição dos vasos sobre as bancadas, espaçamento (A), linhas por bancada (B) e entre linhas nas três bancadas (C). Teresina, PI, 2016.

As sementes foram submetidas à tratamento químico, com fipronil + tiofanato metílico + piraclostrobina na proporção de 200 mL/100 kg de sementes, para evitar o ataque de patógenos de solo e/ou insetos. Foram semeadas cinco sementes por vaso nos dias 02 de março e 22 de junho de 2015, respectivamente, e dez dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste das plantas em excesso, deixando-se apenas uma planta por vaso (Figura 2).



Figura 2. Semeadura ao período de desbaste (10 DAS). Teresina, PI, 2016.

3.5 Curva de salinidade artificial

Para a determinação da massa de sal (NaCl) em cada nível de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), foi necessário a obtenção da curva de salinidade artificial que mostrou o desempenho do sal quando diluído. Foram diluídos em 50 copos descartáveis de 200 ml, na concentração de 0,1 à 5,0 g NaCl L⁻¹, com um intervalo entre as diluições de 0,1 g L⁻¹ e com auxílio do condutímetro foram realizadas leituras da CEai (Figura 3). Com os dados obtidos se construiu equação, a partir da qual se determinou a massa de sal de cada nível de CEai.



Figura 3. Leitura da condutividade elétrica em condutímetro, modelo Lutron CD-4301. Teresina, PI, 2016.

Como a Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) sofre a influência do meio, mesmo com a massa de NaCl para cada nível definida pela equação, foi necessário observar o comportamento da CE depois de preparadas as soluções, foi necessário se fazer ajustes nos valores da massa para iniciar os experimentos. Com a obtenção das concentrações de NaCl, foi observada a CEai diariamente para aquisição da condutividade elétrica real da água usada na irrigação e com isso o intervalo de variação, para um maior controle na água aplicada.

3.6 Manejo da água aplicada

Para determinar a quantidade de água de irrigação diária a ser aplicada nos

vasos, realizou-se a pesagem diária dos vasos, buscando repor a água evapotranspirada, de maneira a atender à necessidade hídrica diária da planta.

A capacidade de vaso foi determinada por meio da pesagem deste. O vaso com solo seco, com peso de 3,8 kg, sua parte superior foi lacrada com saco plástico, para evitar perda de água por evaporação o mesmo foi imerso dentro de um balde com lâmina de água correspondente a 2/3 da sua altura, onde permaneceu um período de 24 horas. Com isso, através dos orifícios presentes na parte inferior do vaso, a água saturou o solo por intermédio da ascensão capilar, até atingir todo o solo presente no mesmo. Posteriormente, o vaso foi retirado da água e deixado em repouso por mais 24 horas para drenagem do excesso de água. Após a drenagem completa, foi novamente pesado.

Por diferença de peso, conforme a Equação 1, obteve-se a capacidade de vaso. Esse procedimento foi repetido em cinco vasos, sendo o valor médio calculado e aplicado inicialmente, de maneira parcelada, em todos os vasos de ambos os experimentos.

$$CV = MVSCMR - MVSS \quad (1)$$

onde,

CV: Capacidade de vaso, em kg.

MVSCMR: massa do vaso com solo na capacidade máxima de retenção, em kg.

MVSS: massa do vaso com solo seco, em kg.

Para obter a massa hídrica diária (MHD) a ser repostada faz-se a pesagem de três vasos por bancada, referente aos tratamentos da combinação entre a água sem adição de NaCl com cada linhagem e, por diferença, obteve-se a quantidade de água evapotranspirada. As pesagens foram realizadas duas vezes ao dia (antes e depois da aplicação da água), em virtude da MHD ter sido determinada com uso de três vasos, utilizou-se a média por bancada.

$$MHD = MVDA - MVD \quad (2)$$

onde,

MHD: massa hídrica diária, em kg.

MVDA: massa do vaso no dia anterior, em kg, após a aplicação da água de irrigação.

MVD: massa do vaso no dia, em kg.

A irrigação foi realizada diariamente, sempre com aplicação de 100% da evapotranspiração da cultura. Em virtude da aplicação da água ser feita com proveta graduada, convencionou-se à aplicação parcelada, de maneira que a aplicação da manhã representasse 40% da reposição do dia anterior, pois a pesagem era feita à tarde e, dessa forma, a MHD era parcelada no vaso com a planta, que recebeu a reposição em dois turnos. Ao final do dia, as duas reposições eram somadas para determinar o total aplicado no dia e os 40% que seriam repostos na manhã seguinte.

3.7 Características avaliadas (avaliações não destrutivas)

Nos dois experimentos foram realizadas avaliações não destrutivas (Figura 4), com diferentes número de repetições, sendo nove aos 25 DAS, seis aos 35 DAS e três aos 45 DAS. Isso ocorreu devido às avaliações destrutivas realizadas aos 25 e 38 DAS. Sempre ao retirar as parcelas para análise destrutiva, os demais vasos eram rearranjados e reorganizados, mantendo o espaço inicial entre eles, conforme mostrado na Figura 1A. Durante toda a condução dos experimentos foram usados o mesmo número de repetições por tratamento para cada época de avaliação.

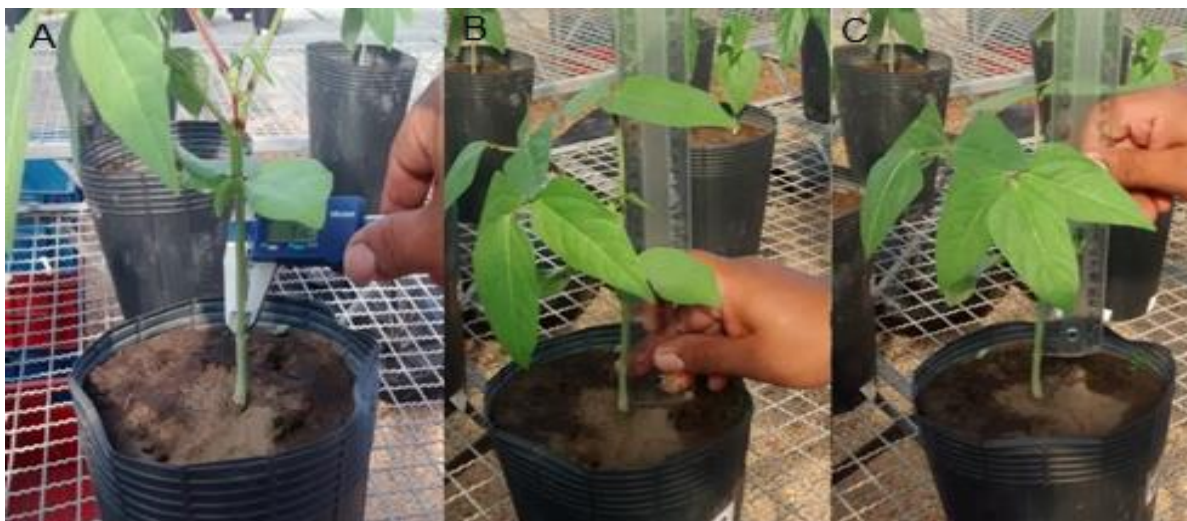


Figura 4. Coleta de dados não destrutivos. Teresina, PI, 2016.

3.7.1 Diâmetro do caule – DC

Diâmetro, em mm, medido com paquímetro digital, em um ponto imediatamente abaixo do nó cotiledonar.

3.7.2 Número de folhas – NF

Contagem das folhas cotiledonares e trifoliadas completamente expandidas.

3.7.3 Número de nós no ramo principal – NNRP

Contagem manual de todos os nós no ramo principal.

3.7.4 Altura da planta – ALT

Comprimento, em cm, entre o nó cotiledonar e o ápice do ramo principal, determinado com régua milimetrada.

3.7.5 Índice relativo de clorofila – IRC

As leituras foram realizadas com o clorofiLOG, modelo CFL 1030 (Figura 5B), no folíolo central de folhas localizadas no terço médio da planta e escolhidas ao acaso.

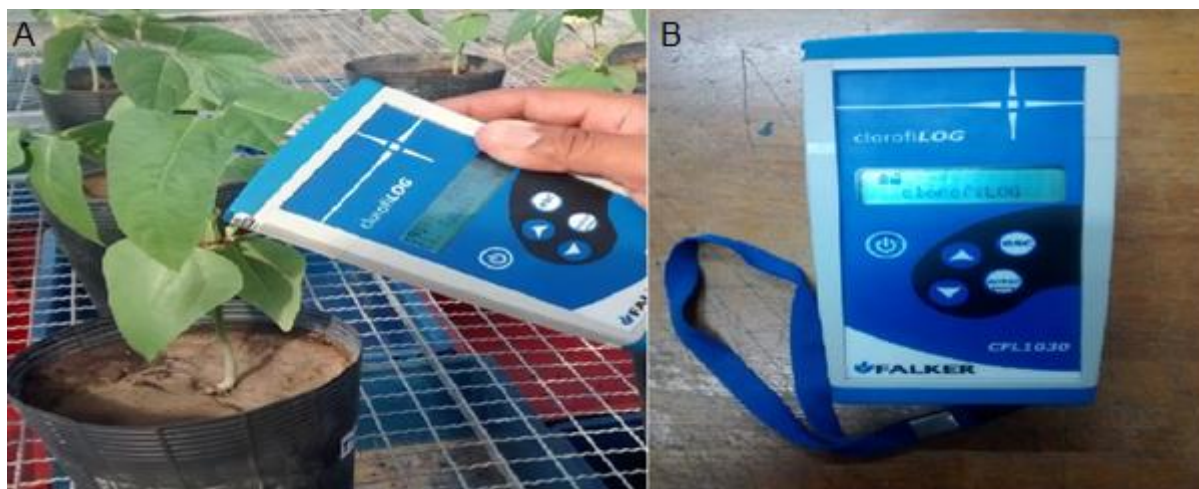


Figura 5. Medidor eletrônico clorofiLOG, modelo CFL 1030. Teresina, PI, 2016.

3.8 Características avaliadas (avaliações destrutivas)

Nos dois experimentos, foram realizadas, aos 25 e 38 DAS, amostragens destrutivas, com três repetições, em cada tratamento. As partes das plantas foram separadas para avaliação dos seguintes caracteres:

3.8.1 Número de nódulos – NN

As raízes foram coletadas e lavadas em água corrente, de baixa vazão, sobre

peneira com malha de 3 mm, para se realizar a contagem de todos os nódulos, naturalmente, presentes nas raízes das plantas.

3.8.2 Área foliar – AF

A área foliar foi mensurada através do integrador de área foliar LICOR, modelo LI-3100, em cm^2 , onde todas as folhas foram retiradas da planta e passadas pelo medidor. O aparelho tem funcionamento instantâneo, pois no momento em que a folha passa pelo sensor se tem a área no monitor, seu uso seguiu a metodologia de LI-COR, 1996.

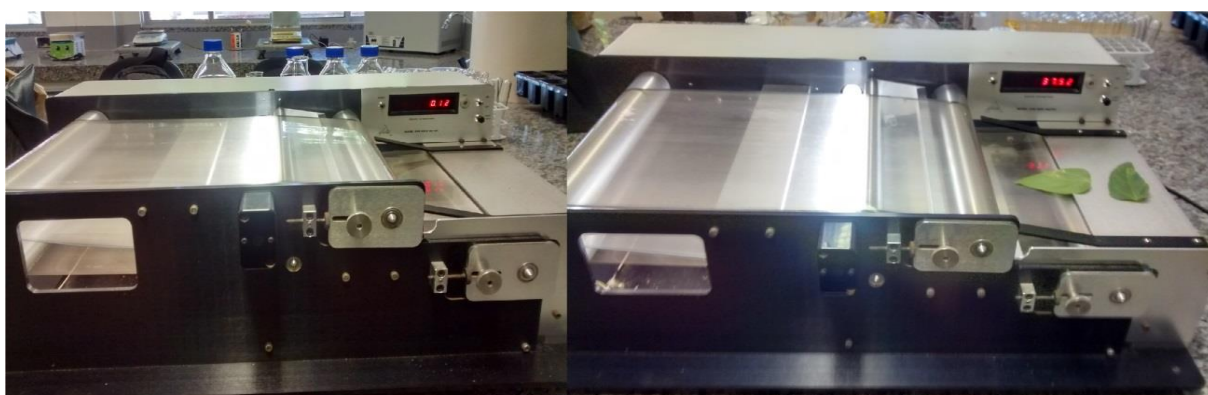


Figura 6. Leitor de área foliar, modelo LI-3100. Teresina, PI, 2016.

3.8.3 Matéria seca da planta

As partes da planta (haste, folhas e raiz) foram acondicionadas separadamente em sacos de papel e colocados em estufa de circulação forçada a 65°C , até atingir matéria seca constante. Em seguida, as partes da planta foram pesadas em balança de precisão, em gramas, para obter a fitomassa seca de todas as partes separadamente.

$$\text{MSPA} = \text{MSF} + \text{MSH} \quad (3)$$

$$\text{MST} = \text{MSPA} + \text{MSR} \quad (4)$$

onde,

MSPA = Matéria seca da parte aérea, em g.

MSF = Matéria seca das folhas, em g.

MSH = Matéria seca das hastes, em g.

MSR = Matéria seca da raiz, em g.

MST = Matéria seca total, em g.

3.8.4 Taxa de crescimento absoluto (TCA)

Expressa o incremento na massa de matéria seca (MS) em um intervalo de tempo (Equação 5):

$$TCA = \frac{M_2 - M_1}{\Delta t} \quad (\text{g dia}^{-1}) \quad (5)$$

onde,

M_1 e M_2 = Massa seca total da planta, em g, na amostragem 1 e 2, respectivamente.

Δt = intervalo de tempo, em dias, entre as amostragens 1 e 2 ($\Delta t = 13$).

3.8.5 Taxa de crescimento relativo (TCR)

Expressa o incremento na massa de matéria seca (MS) por unidade de massa inicial, em um intervalo de tempo (Equação 6):

$$TCR = \frac{\ln M_2 - \ln M_1}{\Delta t} \quad (\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}) \quad (6)$$

onde,

M_1 e M_2 = Massa seca total da planta, em g, na amostragem 1 e 2, respectivamente.

Δt = intervalo de tempo, em dias, entre as amostragens 1 e 2 ($\Delta t = 13$).

3.8.6 Relação parte aérea/raiz (RPAR)

Relação entre a matéria seca da parte aérea com a das raízes.

Equação (7):

$$RPAR = \frac{MSPA}{MSR} \quad (\text{g g}^{-1}) \quad (7)$$

3.8.7 Relação folha/raiz (RFR)

Relação entre a matéria seca das folhas com a das raízes. Equação (8):

$$RFR = \frac{MSF}{MSR} \quad (\text{g g}^{-1}) \quad (8)$$

3.9 Análises do acúmulo de sais no solo

Ao término dos experimentos, foram coletadas amostras de solo dos 15 tratamentos, o qual foi coletado de maneira homogênea de cada vaso, sendo 45 vasos por experimento, totalizando 90 amostras. Esse procedimento possibilitou avaliar a influência dos níveis de irrigação com água salina sobre o solo nos vasos

de cada linhagem após o cultivo. Através da análise de parâmetros como pH, Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), teores de sódio (Na). Fez-se a análise química dos teores, magnésio (Mg), potássio (K), cálcio (Ca), alumínio mais hidrogênio (Al + H), usados apenas para alcançar a capacidade de troca catiônica (CTC) utilizada no cálculo da porcentagem de sódio trocável (PST), ou seja não houve avaliação estatística desses resultados.

Quantificados da seguinte forma: pH e CE em água (1:2,5), e $H^+ + Al^{3+}$ foi extraído com Acetato de cálcio (EMBRAPA, 1999). O K^+ e Na^+ foram extraídos com solução Mehlich I, sendo o K e Na, por fotometria de chama (EMBRAPA, 2009). O Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} foram extraídos com cloreto de potássio (KCl 1N) e quantificados por titulometria (EMBRAPA, 2009). Calculou-se ainda a razão de adsorção de sódio (RAS) e a porcentagem de sódio trocável (PST), Equação 9 e 10, respectivamente.

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca+Mg)}{2}}} \quad (mmol_c L^{-1})^{0,5} \quad (9)$$

$$PST = \frac{Na}{CTC} \times 100 \quad (\%) \quad (10)$$

onde,

RAS = Razão de adsorção de sódio, $(mmol_c L^{-1})^{0,5}$;

PST = Porcentagem de sódio trocável, em %;

Na = Teor de sódio trocável, em $mmol_c dm^{-3}$;

Ca + Mg = Teor de cálcio + magnésio, em $mmol_c dm^{-3}$;

CTC = capacidade de troca catiônica, em $mmol_c dm^{-3}$.

3.10 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância com regressão polinomial para os níveis de salinidade de água. As médias das linhagens foram comparadas pelo teste de Tukey (5%). As análises foram realizadas por meio do programa estatístico ASSISTAT (versão 7.7).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliações preliminares

A temperatura média nos períodos de condução dos dois experimentos se manteve próxima da média anual, respectivamente, 26,2 e 26,5 °C. As precipitações acumuladas foram de 495,8 mm no Exp. I e 36,5 mm no Exp. II. As umidades relativas do ar, referentes a cada experimento, se mantiveram acima da média anual de 69,7%, registrado no boletim agrometeorológico de Bastos; Andrade Júnior (2014), com 81,93% ($\pm 3,12$) no Exp. I e 76,12% ($\pm 8,12$) no Exp. II (Figura 7).

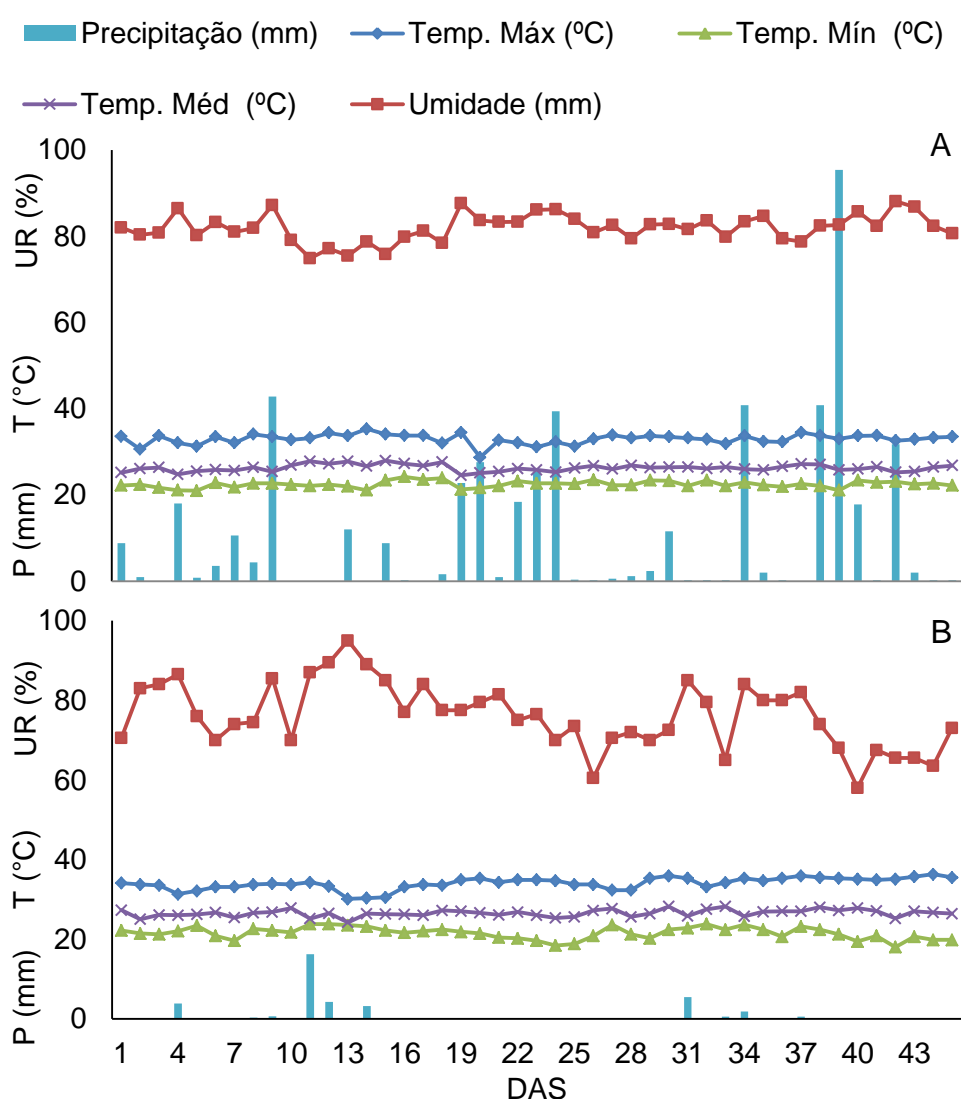


Figura 7. Valores diários observado de precipitação pluviométrica, em mm, temperatura máxima, mínima e média, em °C e, umidade relativa do ar, no período dos experimentos. Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.

Utilizou-se a equação da curva de salinidade (Figura 8) para a determinação das concentrações de NaCl de cada nível experimental. No Exp. I foram: 0,3612; 1,0597; 1,7582; 2,4567 g L⁻¹ e no Exp. II: 0,5568; 1,4509; 2,3450; 3,2391 g L⁻¹.

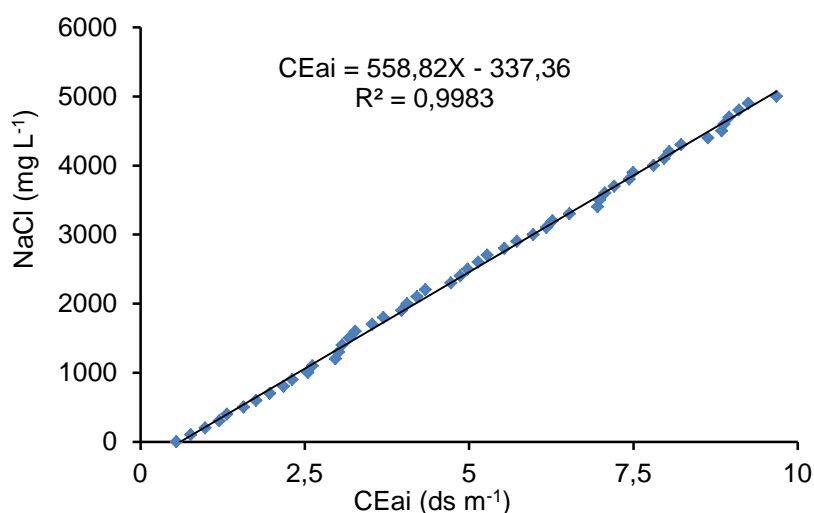


Figura 8. Condutividade elétrica da solução em função da concentração de NaCl. Teresina, PI, 2016.

Os valores calculados na equação da curva de salinidade foram ajustados para que se mantivessem o mais próximo da CE desejada em cada nível. Com as amostras diárias de condutividade elétrica real das soluções ao longo dos experimentos (Tabela 3), foi possível obter a média e o desvio padrão da CEai. Onde os maiores desvios ocorreram no maior nível de cada experimento, mostrando que essa maior quantidade de NaCl presente nestes pode vim a provocar uma maior erro.

Tabela 3. Médias da condutividade elétrica real da água de irrigação em dS m⁻¹, e a concentração de NaCl em g L⁻¹. Teresina, PI, 2016.

		CEai Real			
		Exp. I		Exp. II	
NaCl (g L ⁻¹)	CEai (dS m ⁻¹)	CEai (dS m ⁻¹)	NaCl (g L ⁻¹)	CEai (dS m ⁻¹)	NaCl (g L ⁻¹)
0,31	1,25	1,27 ± 0,03	0,51	1,60	1,63 ± 0,03
0,95	2,50	2,55 ± 0,05	1,34	3,20	3,24 ± 0,05
1,57	3,75	3,80 ± 0,05	2,15	4,80	4,85 ± 0,05
2,34	5,00	5,09 ± 0,08	3,09	6,40	6,46 ± 0,05

Conforme a Equação 1, para a capacidade de vaso encontrou-se uma média de 545 g na diferença de pesagem. Portanto, ficou estabelecida à aplicação inicial

de 545 mL de água em cada vaso, correspondendo a 14,34% de umidade a capacidade desse solo no vaso.

4.2 Experimentos

4.2.1 Diâmetro do caule – DC

Em relação ao DC, houve diferença significativa ($p < 0,01$) entre as linhagens aos 25, 35 e 45 DAS nos dois experimentos. Para a interação entre os fatores, linhagens e níveis de CEai, ocorreu significância ($p < 0,05$) aos 35 e 45 DAS apenas no Exp. II (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo das análises de variância dos experimentos (Exp. I e Exp. II) para diâmetro do caule (DC), aos 25, 35 e 45 DAS. Teresina, PI, 2016.

FV	Quadrados médios					
	DC (Exp. I)			DC (Exp. II)		
	25 DAS	35 DAS	45 DAS	25 DAS	35 DAS	45 DAS
Linhagens (L)	17,87**	6,82**	5,34**	9,19**	5,79**	3,30**
CEai ¹	0,82	0,41	0,26	0,42	0,48	0,26
RL	2,63**	1,45**	0,81 ^{ns}	1,60**	1,90**	0,74**
RQ	0,16 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,04 ^{ns}
DR	0,50 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,24 ^{ns}
LxCEai	0,20 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,02*	0,02*
Resíduo ²	0,19	0,15	0,20	0,07	0,07	0,07
Média geral (mm)	4,23	4,49	4,76	4,01	4,20	4,33
CV(%)	10,33	8,74	9,58	6,45	6,30	6,27

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F.

¹Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) com modelagem da regressão: Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Desvio da regressão (DR).

² Número de graus de liberdade para o resíduo: 120 (25 DAS), 75 (35 DAS) e 30 (45 DAS).

A L1 apresentou DC superior às demais linhagens ($p < 0,05$) em todas as épocas de avaliação no Exp. I e aos 25 DAS no Exp. II (Tabela 5).

Tabela 5. Médias¹ do diâmetro do caule (DC) das três linhagens aos 25, 35 e 45 DAS (Exp. I) e aos 25 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.

Linhagens ²	DC (Exp. I)			DC (Exp. II)
	25 DAS	35 DAS	45 DAS	25 DAS
L1	4,87 a	4,98 a	5,48 a	4,49 a
L2	4,22 b	4,48 b	4,65 b	3,93 b
L3	3,61 c	4,03 c	4,23 c	3,60 c
DMS	0,2191	0,2430	0,4100	0,1295

¹ Médias com mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

² L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

No Exp. II, aos 35 e 45 DAS, avaliando o comportamento das linhagens dentro de cada CEai, a L1 apresentou DC superior a L2 e L3 em todos os níveis de CE. Entretanto, nas duas épocas não houve diferenças significativas ($p>0,05$) para as combinações dentro das CE's com L1 e L3. A L2, quando combinada com CEai₀, aos 35 DAS diferiu e foi superior em 10,8% em relação à combinação com CEai₄ (Tabela 6).

Tabela 6. Médias¹ do diâmetro do caule (DC) no Exp. II aos 35 e 45 DAS, das três linhagens em função das cinco condutividades elétricas. Teresina, PI, 2016.

Linhagens ³	CEai ² (dS m ⁻¹) 35 DAS				
	CEai ₀	CEai ₁	CEai ₂	CEai ₃	CEai ₄
L1	4,90 aA	4,83 aA	4,60 aA	4,55 aA	4,51 aA
L2	4,35 bA	4,21 bAB	4,07 bAB	4,00 bAB	3,88 bB
L3	3,92 cA	3,98 bA	3,87 bA	3,69 bA	3,62 bA
	DMS _{linhas} =0,4274			DMS _{colunas} =0,3656	
Linhagens ³	CEai ² (dS m ⁻¹) 45 DAS				
	CEai ₀	CEai ₁	CEai ₂	CEai ₃	CEai ₄
L1	5,08 aA	4,83 aA	4,99 aA	4,79 aA	4,48 aA
L2	4,52 bA	4,23 bA	4,34 bA	4,17 bA	4,06 bA
L3	3,98 bA	3,89 bA	4,05 bA	3,84 bA	3,76 bA
	DMS _{linhas} =0,6450			DMS _{colunas} =0,5462	

¹ Médias com mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ($p>0,05$), pelo teste de Tukey.

² Condutividade elétrica, em dS m⁻¹: Exp. I (CEai₀= 0,0; CEai₁= 1,25; CEai₂= 2,50; CEai₃= 3,75; CEai₄= 5,00); Exp. II (CEai₀= 0,0; CEai₁= 1,60; CEai₂= 3,20; CEai₃= 4,80; CEai₄= 6,40).

³ L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

Houve efeito linear decrescente ($p<0,01$) para o DC, com aumento da CEai em ambos os experimentos (Figura 9).

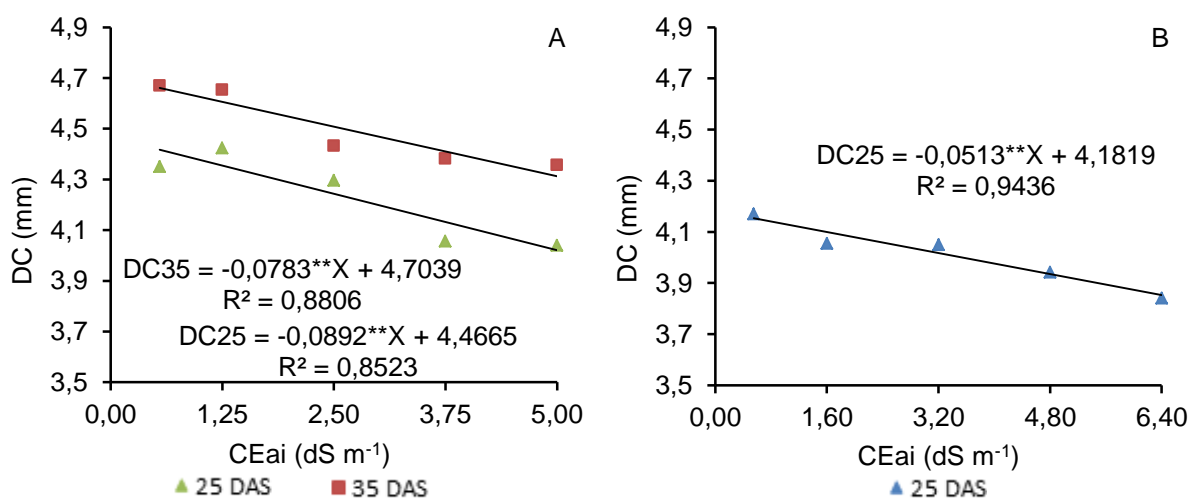


Figura 9. Diâmetro do caule (DC), em mm, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25 e 35 DAS no Exp. I (A) e 25 DAS do Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.

No Exp. I, a redução no DC foi de 7,13 e 6,64% aos 25 e 35 DAS, respectivamente, quando comparados o menor e o maior nível (Figura 9A). No Exp. II, na mesma comparação, essa redução foi de 7,91% aos 25 DAS (Figura 9B).

A redução no DC em função do aumento nos níveis de CEai pode ter consequências importantes nos campos de cultivos, por aumentar a probabilidade de acamamento das linhagens. Além disso, pode provocar inibição ou retardamento do crescimento e gerar consequências na produtividade.

Sousa et al. (2014) obtiveram modelo linear decrescente para o diâmetro do caule, trabalhando com feijão-caupi cultivada com água de irrigação salinizada. Andrade et al. (2013), manejando em casa de vegetação com crescimento inicial de genótipos de feijão-caupi, verificaram diminuição no diâmetro do caule da planta submetida a estresse salino aos 35 DAS, com reduções superiores a 21%.

Trabalhando com a cultura do pinhão-mansão, com dois níveis de salinidade de água, Oliveira et al. (2015) observaram o efeito negativo da salinidade sobre o diâmetro do caule. Em geral, essa redução no DC, quando a planta é submetida a estresses, como o salino, é consequência do efeito osmótico que, devido à salinidade, leva à toxidez e desequilíbrio nutricional (MUNNS, 2002).

4.2.2 Número de Folhas – NF

Para NF houve diferença significativa ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) entre as linhagens aos 25, 35 e 45 DAS no Exp. I e aos 35 e 45 DAS do Exp. II (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo das análises de variância para número de folhas (NF), aos 25, 35 e 45 DAS do Exp. I e aos 35 e 45 DAS do Exp. II, Teresina, PI, 2016.

FV	Quadrados médios				
	NF (Exp. I)			NF (Exp. II)	
	25 DAS	35 DAS	45 DAS	35 DAS	45 DAS
Linhagens (L)	1,12*	2,23**	4,00**	1,48**	2,75**
CEai ¹	1,41	0,84	0,98	3,99	1,08
RL	3,79**	2,68**	2,84**	15,02**	3,60**
RQ	1,52*	0,14 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,28 ^{ns}
DR	0,31 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,42 ^{ns}
LxCEai	0,20 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Resíduo ²	0,35	0,35	0,33	0,24	0,20
Média geral (nº)	4,37	5,43	6,01	4,59	4,98
CV(%)	13,54	10,94	9,52	10,63	8,98

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F.

¹Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) com modelagem da regressão: Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Desvio da regressão (DR).

² Número de graus de liberdade para o resíduo: 120 (25 DAS), 75 (35 DAS) e 30 (45 DAS).

Aos 25 DAS do Exp. II não foi possível realizar a análise estatística, devido à proximidade dos dados coletados nas repetições (Tabela 7). Não ocorreu significância ($p > 0,05$) na interação entre os fatores, linhagens e níveis de CEai. Apenas aos 25 DAS no Exp. I a L1 foi superior às demais linhagens. A partir dos 35 DAS à L3 foi sempre superior a L1 em ambos os experimentos, onde a L2 apresentou semelhanças estatística com L1 e L3 (Tabela 8).

Tabela 8. Médias¹ do número de folhas (NF) por linhagem aos 25, 35 e 45 DAS (Exp. I) e aos 35 e 45 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.

Linhagens ²	NF (Exp. I)			NF (Exp. II)	
	25 DAS	35 DAS	45 DAS	35 DAS	45 DAS
L1	4,51 a	5,13 b	5,63 b	4,40 b	4,66 b
L2	4,40 ab	5,50 ab	5,80 b	4,53 ab	4,80 b
L3	4,20 b	5,66 a	6,60 a	4,83 a	5,46 a
DMS	0,29	0,36	0,51	0,30	0,40

¹ Médias com mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

² L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

Aos 35 e 45 DAS do Exp. I o número de folhas decresceu linearmente com aumento da CEai, apresentando redução de 7,69 e 12,54%, respectivamente, dentro do intervalo estudado, no entanto, aos 25 DAS a equação de regressão que melhor representou a resposta das plantas, foi do tipo quadrática, com redução de 12,55% quando comparada a CEai₀ com a CEai₃ (Figura 10A). No Exp. II a redução linear foi de 20,50% e 12,64% aos 35 e 45 DAS respectivamente, quando comparados os níveis CEai₀ com CEai₄ (Figura 10B).

Considerando o Exp. I, aos 25 DAS a redução apresentou regressão polinomial diferente, com aumento da CEai, das coletas aos 35 e 45 DAS. Esse fato poder ter ocorrido devido à resposta da planta em seus diferentes estádios fenológicos e pela diferente quantidade de sais acumulados no solo, portanto, a planta aos 25 DAS consegue apresentar uma melhor reação adaptativa aos maiores níveis de CEai, pois esta em um estágio de crescimento inicial e com uma quantidade de sais acumulados correspondente a 10 dias de irrigação com água salinizada já aos 35 e 45 DAS esse acúmulo de sais no solo correspondente a mais de 20 dias e com as plantas iniciando o período de florescimento.

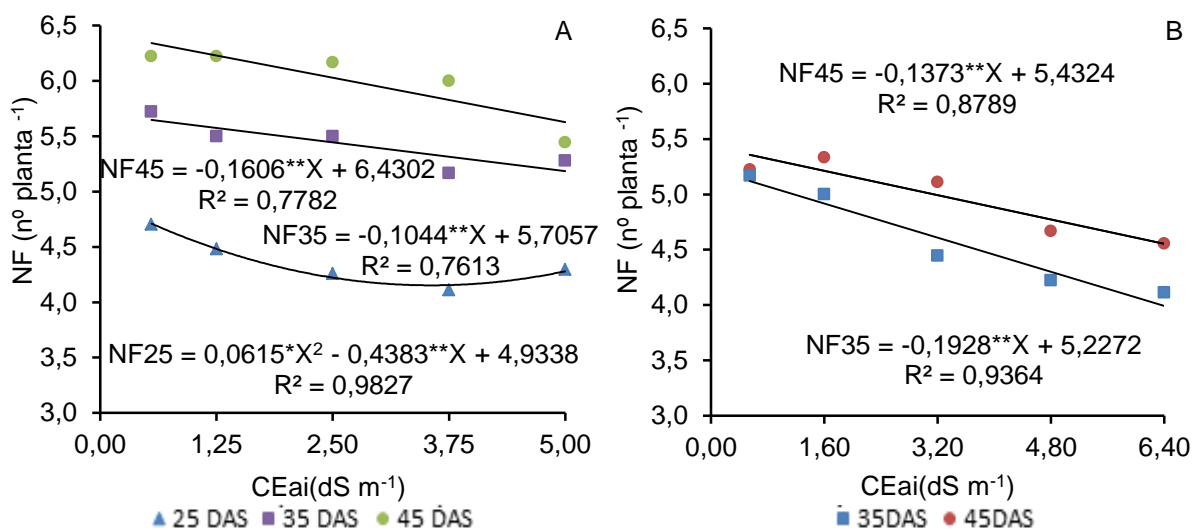


Figura 10. Número de folhas (NF) das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25, 35 e 45 DAS para o Exp. I (A) e aos 35 e 45 DAS Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.

Calvet et al. (2013), cultivando feijão-caupi irrigado com água de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento, constataram redução de mais de 20% no número de folhas, para dados coletados próximos ao início da floração, redução semelhante à observada aos 35 DAS no Exp. II do presente trabalho. Sousa et al. (2014), em trabalho com estresse salino, através da água de irrigação com CEai crescente em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos, também verificaram redução no número de folhas.

A redução no número de folhas é considerada uma adaptação da planta, pois plantas em condições de estresse salino apresentam alterações morfológicas e anatômicas, buscando redução da transpiração como alternativa para manter a absorção de água (FEITOSA et al., 2015).

4.2.3 Número de nós no ramo principal – NNRP

Ocorreu diferença ($p < 0,01$) estatística entre as linhagens em relação ao NNRP em ambos os experimentos. Não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre linhagens e CEai em nenhum dos períodos avaliados (Tabela 9).

No Exp. I aos 35 e 45 DAS e em todos os períodos avaliados no Exp. II a L3 foi superior às demais, e apenas aos 25 DAS do Exp. I, a L1 apresentou superioridade no NNRP, possivelmente, nesse experimento na fase inicial a L1 apresentando crescimento inicial rápido que foi logo superado pela L3 nas demais leituras, o mesmo ocorrido para o NF na mesma leitura (Tabela 10).

Tabela 9. Resumo das análises de variância dos experimentos (Exp. I e Exp. II) para número de nós no ramo principal (NNRP), aos 25, 35 e 45 DAS. Teresina, PI, 2016.

FV	Quadrados médios					
	NNRP (Exp. I)			NNRP (Exp. II)		
	25 DAS	35 DAS	45 DAS	25 DAS	35 DAS	45 DAS
Linhagens (L)	1,69**	3,70**	16,84**	1,45**	2,01**	4,07**
CEai ¹	1,00	1,46	1,25	2,05	2,15	0,94
RL	2,70**	4,67**	2,18 ^{ns}	7,84**	8,02**	3,60**
RQ	0,32 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,13 ^{ns}
DR	0,97 ^{ns}	0,85 ^{ns}	1,88 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,05 ^{ns}
LxCEai	0,15 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Resíduo ²	0,27	0,43	0,86	0,17	0,22	0,22
Média geral (nº)	4,37	5,63	6,34	4,32	5,01	5,33
CV(%)	11,98	11,63	14,63	9,61	9,36	8,84

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F.

¹ Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) com modelagem da regressão: Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Desvio da regressão (DR).

² Número de graus de liberdade para o resíduo: 120 (25 DAS), 75 (35 DAS) e 30 (45 DAS).

Tabela 10. Médias¹ do número de nós no ramo principal (NNRP) por linhagem aos 25, 35 e 45 DAS dos experimentos, Exp. I e Exp. II. Teresina, PI, 2016.

Linhagens ²	NNRP (Exp. I)			NNRP (Exp. II)		
	25 DAS	35 DAS	45 DAS	25 DAS	35 DAS	45 DAS
L1	4,53 a	5,26 b	5,50 b	4,15 b	4,80 b	5,00 b
L2	4,42 a	5,66 ab	6,00 b	4,28 b	4,93 b	5,06 b
L3	4,15 b	5,97 a	7,53 a	4,51 a	5,30 a	5,93 a
DMS	0,26	0,40	0,83	0,21	0,29	0,42

¹ Médias com mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

² L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

O aumento da CEai reduziu o NNRP, quando comparadas ao nível CEai₀, observou-se uma diminuição de 9,87 e 12,12% aos 25 e 35 DAS, respectivamente, para o Exp. I (Figura 11A), apenas aos 45 DAS no Exp. I não apresentou regressão significativa, provavelmente, devido a neste estágio fenológico, mais próximo ao reprodutivo, a planta concentre seu desempenho no preflorescimento e na floração. Nas outras coletas de dados o modelo de regressão linear decrescente foi que melhor se ajustou e no Exp. II constatou-se redução de 14,89%; 17,28% e 13,49% aos 25, 35 e 45 DAS, respectivamente (Figura 11B).

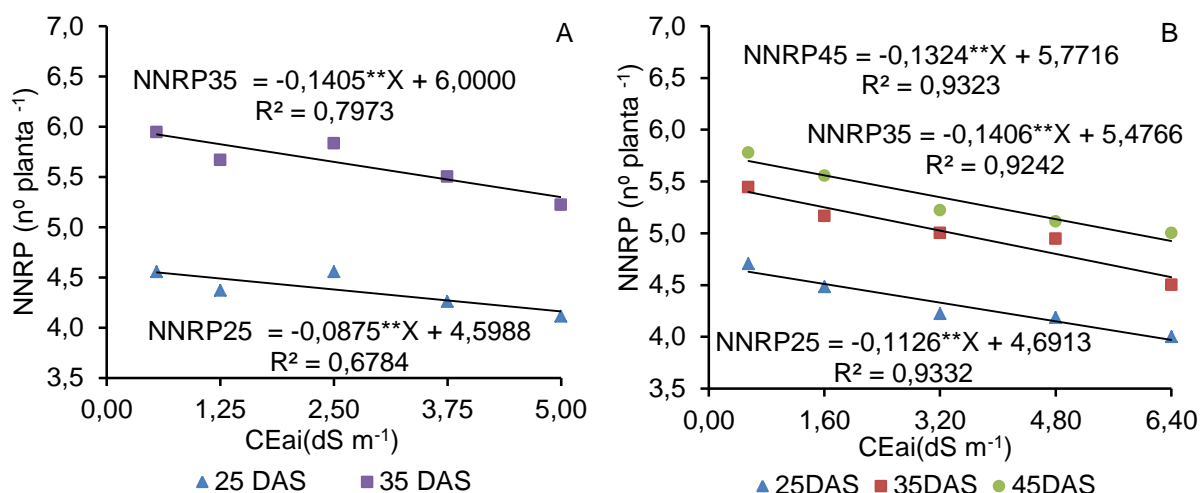


Figura 11. Número de nós no ramo principal (NNRP), das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25, 35 e 45 DAS para os experimentos, Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.

Por ser uma característica importante, pois se relaciona com o número de vagens, essa redução observada no NNRP em ambos os experimentos, poderá, causar redução no número de gemas reprodutivas, levando o feijão-caupi em condições de estresse salino a reduzir sua produtividade. Bezerra et al. (2008) afirmam que a redução no NNRP pode provocar uma diminuição nos pontos para o desenvolvimento de gemas reprodutivas.

4.2.4 Altura da planta – ALT

Tabela 11. Resumo das análises de variância dos experimentos, Exp. I e Exp. II para altura da planta (ALT), aos 25, 35 e 45 DAS. Teresina, PI, 2016.

FV	Quadrados médios					
	ALT (Exp. I)			ALT (Exp. II)		
	25 DAS	35 DAS	45 DAS	25 DAS	35 DAS	45 DAS
Linhagens (L)	3,17 ^{ns}	44,38 ^{**}	805,59 ^{**}	14,73 ^{**}	3,16 ^{ns}	3,79 ^{ns}
CEai ¹	7,94	10,87	99,98	3,50	5,59	5,99
RL	29,80 ^{**}	29,68 ^{**}	63,84 ^{ns}	8,78 [*]	17,36 ^{**}	14,93 ^{**}
RQ	0,90 ^{ns}	5,82 ^{ns}	6,95 ^{ns}	2,15 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,08 ^{ns}
DR	1,07 ^{ns}	7,98 ^{ns}	329,16 ^{ns}	3,06 ^{ns}	4,11 ^{ns}	3,51 ^{ns}
LxCEai	3,40 ^{ns}	5,59 ^{ns}	112,70 ^{ns}	1,83 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,34 ^{ns}
Resíduo ²	3,24	3,95	146,10	1,71	1,38	1,29
Média geral (cm)	12,45	14,54	18,86	10,84	11,85	12,61
CV(%)	14,46	13,68	64,09	12,06	9,93	9,02

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F.

¹ Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) com modelagem da regressão: Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Desvio da Regressão (DR).

² Número de graus de liberdade para o resíduo: 120 (25 DAS), 75 (35 DAS) e 30 (45 DAS).

No Exp. I não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as linhagens aos 25 DAS em relação à ALT e no Exp. II, apenas aos 25 DAS ocorreu diferença ($p < 0,01$) significativa (Tabela 11). Não houve interação significativa em nenhum dos períodos avaliados em ambos os experimentos.

No Exp. I a L3 foi superior às outras linhagens aos 35 e 45 DAS, no Exp. II a L2 foi superior à L1 e L3 aos 25 DAS (Tabela 12).

Tabela 12. Médias¹ da altura das plantas (ALT) por linhagem aos 35 e 45 DAS (Exp. I) e aos 25 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.

Linhagens ²	ALT (Exp. I)		ALT (Exp. II)
	35 DAS	45 DAS	25 DAS
L1	13,55 b	14,19 b	10,77 b
L2	14,19 b	15,08 b	11,45 a
L3	15,90 a	27,30 a	10,31 b
DMS	1,23	10,86	0,65

¹ Médias com mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

² L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

Em ambos os experimentos o modelo de regressão linear decrescente foi que melhor se ajustou, não havendo regressão significativa somente aos 45 DAS do Exp. I. As reduções na altura foram de: 9,27 e 8,38% aos 25 e 35 DAS no Exp. I (Figura 12A). No Exp. II as reduções foram de: 5,12%; 7,70% e 10,63% aos 25, 35 e 45 DAS, respectivamente, isso quando comparado ao nível controle CEai₀ com o maior nível CEai₄ (Figura 12 B).

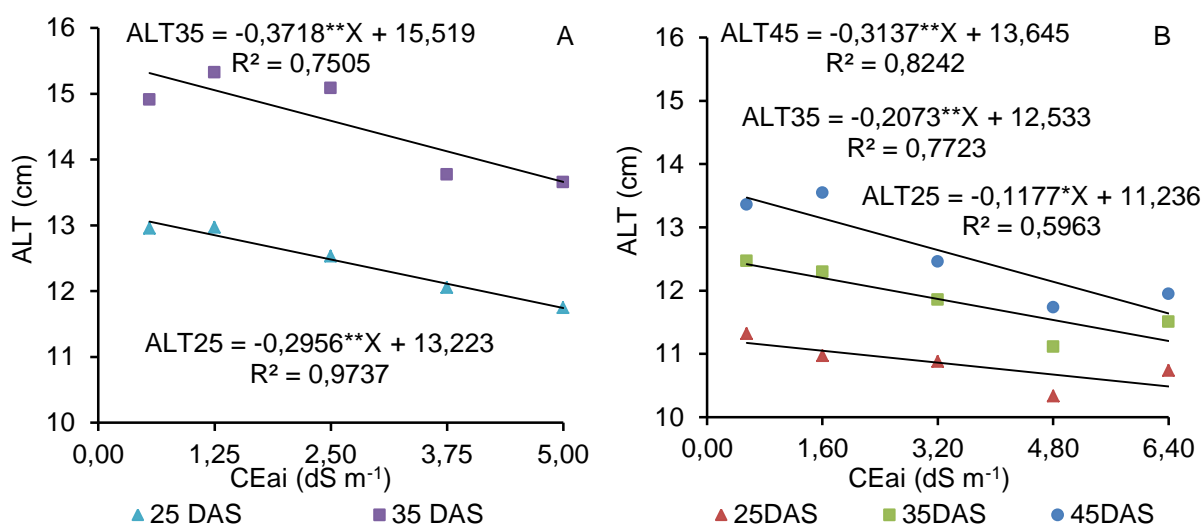


Figura 12. Altura da planta (ALT), em cm, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25, 35 e 45 DAS para os experimentos, Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.

Brito et al. (2015), trabalhando com diferentes genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina e avaliando diversos parâmetros de crescimento, como altura de plantas (ALT), número de folhas (NF) e diâmetro do caule (DC) em várias coletas de dados, observaram que a salinidade da água de irrigação reduziu os mesmos em todos os genótipos avaliados. Os autores obtiveram diferença entre os genótipos irrigados com água salinizada e com água de abastecimento de mais de 20% para a ALT, enquanto nos experimentos do presente trabalho essa diferença, quando comparados o maior nível com a água de abastecimento, não atinge 15%.

Resultados concordantes foram obtidos por Nascimento et al. (2015), Lima et al. (2015) e Vieira et al. (2016), onde observaram redução na altura de plantas (ALT), número de folhas (NF) e diâmetro do caule (DC) com aumento da salinidade da água da irrigação. Resultados semelhantes também foram verificados em outras culturas agrícolas.

Segundo Dias et al. (2010), essa redução nos parâmetros de crescimento (DC, NF, NNRP, e ALT) são efeitos indiretos causados pela dificuldade de absorção de água, toxicidade de íons específicos, interferência de íons nos processos fisiológicos, íons resultantes do acúmulo excessivo de sais advindos da água e que com o tempo se fixavam nas camadas mais superficiais do solo, em condição de baixo nível de lixiviação.

4.2.5 Índice relativo de clorofila – IRC

Tabela 13. Resumo das análises de variância dos experimentos (Exp. I e Exp. II) para Índice relativo de clorofila (IRC), aos 25, 35 e 45 DAS. Teresina, PI, 2016.

FV	Quadrados médios					
	IRC (Exp. I)			IRC (Exp. II)		
	25 DAS	35 DAS	45 DAS	25 DAS	35 DAS	45 DAS
Linhagens (L)	53,17*	195,38**	192,78**	111,44**	191,96**	184,23**
CEai ¹	36,17	12,34	20,60	47,89	11,14	19,33
RL	85,46**	44,68 ^{ns}	59,37**	156,71**	30,26 ^{ns}	61,01**
RQ	18,44 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,24 ^{ns}	30,34 ^{ns}	8,91 ^{ns}	4,38 ^{ns}
DR	40,77 ^{ns}	4,58 ^{ns}	21,81 ^{ns}	4,53 ^{ns}	5,40 ^{ns}	11,92 ^{ns}
LxCEai	15,19 ^{ns}	23,44 ^{ns}	24,56**	9,93 ^{ns}	51,11 ^{ns}	19,81**
Resíduo ²	11,72	12,48	6,28	19,75	28,89	6,00
Média geral (%)	58,66	59,04	59,58	51,86	55,01	55,88
CV(%)	5,84	5,99	4,21	8,57	9,77	4,38

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F.

¹ Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) com modelagem da regressão: Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Desvio da Regressão (DR).

² Número de graus de liberdade para o resíduo: 120 (25 DAS), 75 (35 DAS) e 30 (45 DAS).

Houve efeito significativo ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) entre as linhagens aos 25, 35 e 45 DAS nos dois experimentos. Não ocorreu significância ($p > 0,05$) da interação entre os fatores, linhagens e níveis de CEai, aos 25 e 35 DAS. O efeito significativo ($p < 0,01$) ocorreu apenas aos 45 DAS em ambos os experimentos (Tabela 13).

De acordo com a Tabela 14, observou-se que o IRC da L1 e L2 não diferem entre si, sendo ambas superiores estatisticamente a L3, tanto aos 25 quanto aos 35 DAS, nos dois experimentos (Tabela 14).

Tabela 14. Médias¹ do índice relativo de clorofila (IRC) por linhagem aos 25 e 35 DAS (Exp. I) e aos 25 e 35 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.

Linhagens ²	IRC (Exp. I)		IRC (Exp. II)	
	25 DAS	35 DAS	25 DAS	35 DAS
L1	59,56 a	60,84 a	59,56 a	60,84 a
L2	58,98 ab	60,17 a	58,98 ab	60,17 a
L3	57,45 b	56,12 b	57,45 b	56,12 b
DMS	1,71	2,18	2,22	3,32

¹ Médias com mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

² L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

Na interação entre os fatores, linhagens e níveis de CEai observada aos 45 DAS, em ambos os experimentos, constatou-se que à medida que a CEai elevou-se até o terceiro nível, o IRC da L1 foi superior à L3 se igualando à L2. Na CEai₄ o IRC da L2 foi superior aos valores das demais (Tabela 15).

Tabela 15. Médias¹ do índice relativo de clorofila (IRC), das três linhagens em função das cinco condutividades elétricas. Teresina, PI, 2016.

Linhagens ³	CEai ² (dS m ⁻¹) 45 DAS no Exp. I				
	CEai ₀	CEai ₁	CEai ₂	CEai ₃	CEai ₄
L1	62,56 aAB	64,43 aA	63,86 aAB	61,40 aAB	58,00 bB
L2	63,20 aA	61,53 abA	62,30 aA	55,50 bB	63,53 aA
L3	55,73 bA	58,60 bA	52,93 bA	56,90 abA	53,16 bA
	DMS _{linhas} = 5,95			DMS _{colunas} = 5,04	
Linhagens ³	CEai ² (dS m ⁻¹) 45 DAS no Exp. II				
	CEai ₀	CEai ₁	CEai ₂	CEai ₃	CEai ₄
L1	58,40 aAB	60,93 aA	59,70 aA	57,23 aAB	53,83 bB
L2	59,70 aA	58,03 abAB	58,13 aAB	53,67 aB	59,36 aAB
L3	52,23 bA	54,43 bA	49,43 bA	54,06 aA	49,00 bA
	DMS _{linhas} = 5,81			DMS _{colunas} = 4,92	

¹ Médias com mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

² Condutividade elétrica, em dS m⁻¹: Exp. I (CEai₀ = 0,55; CEai₁ = 1,25; CEai₂ = 2,50; CEai₃ = 3,75; CEai₄ = 5,00); Exp. II (CEai₀ = 0,55; CEai₁ = 1,60; CEai₂ = 3,20; CEai₃ = 4,80; CEai₄ = 6,40).

³ L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

Na interação entre CEai com as linhagens, a L3 não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) com aumento da CEai em ambos os experimentos. A L2 no Exp. I apresentou redução de 12,18% e no Exp. II, de 10,1%, ambos na combinação com o CEai₃. Para a L1, sua maior redução ocorreu na interação com o CEai₄ em ambos os experimentos com 7,29 e 7,83%, respectivamente.

Os diferentes níveis salinos, que as linhagens foram submetidas, ajustaram-se melhor ao modelo de regressão linear, o qual mostrou acréscimo de 5,22% no Exp. I (Figura 13A) e 5,62% no Exp. II (Figura 13B), ambos aos 25 DAS. Andrade et al. (2012), trabalhando com feijão-caupi submetidos a estresse salino, observaram para a cultivar BRS-Juruá um incremento de 26,5% no IRC com aumento da salinidade da água de irrigação até o nível de 6 dS m⁻¹, aumento este superior aos obtidos nos experimentos do presente trabalho.

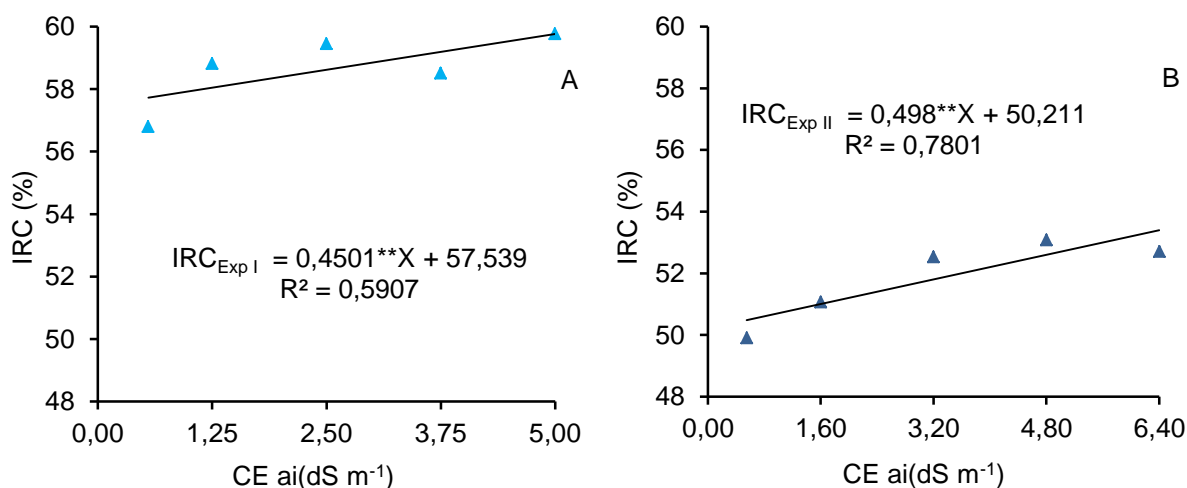


Figura 13. Índice relativo de clorofila (IRC), em %, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25 DAS para os experimentos, Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.

Andrade (2013) trabalhando com pigmento fotossintético em genótipos de feijão-caupi submetidos a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, também observou que houve crescimento linear nos valores do teor de clorofila com os crescentes níveis de CEai. O autor afirma ainda que, possivelmente, o incremento no teor de clorofila a partir de 2,1 dS m⁻¹ foi provocado pela inibição da atividade enzimática, causada pela alta concentração de sais. Para Santos (2004), essa atividade enzimática que é uma resposta adaptativa da planta ao estresse, quando a enzima clorofilase é estimulada a sintetizar clorofila.

Wang et al. (2002), Mendonça et al. (2010) e Graciano et al. (2011), observando as culturas do capim elefante, eucalipto e amendoim, submetidas ao estresse salino, relataram a ocorrência de resposta positiva dos teores de clorofila ao aumento Na CEai, semelhante ao comportamento observado aos 25 DAS do presente trabalho. Concluíram que esse aumento na variável pode ter ocorrido em virtude de algum processo adaptativo da planta e que esse parâmetro necessita de mais estudos.

O comportamento aos 25 DAS no aumento de IRC não se manteve constante, talvez, porque esse recurso adaptativo da planta não suportou o incremento dos sais oriundos da água de irrigação e, aos 45 DAS, ocorreu redução no IRC (Tabela 15). Segundo Azevedo Neto (2005), os efeitos negativos da salinidade são agravados pelo tempo e pelos níveis de exposição à salinidade. As características como o teor de constituintes bioquímicos da folha e pigmentos fotossintéticos são reduzidos.

Contrastando com o acréscimo que foi encontrado aos 25 DAS e concordando com o comportamento aos 45 DAS dos experimentos do presente trabalho, Nascimento et al. (2012), trabalhando com feijão-caupi submetidos ao estresse salino, aos 40 dias após a emergência, para índice relativo de clorofila, utilizando o clorofilômetro SPAD-502, observaram um decréscimo linear com aumento da salinidade da água de irrigação, apresentando redução de 27,16% ao nível de 6 dS m^{-1} , decréscimo este superior aos encontrados nos experimentos do vigente trabalho, onde não atingem 13% de redução no intervalo de estudo aos 45 DAS.

Willadino et al. (2011) e Santos et al. (2012) utilizando cana-de-açúcar e amendoim, na condição de estresse salino, também observaram o mesmo comportamento do feijão-caupi de redução linear do IRC com aumento da CEai. Marques et al. (2011) afirmam que esse decréscimo ocorrido na variável fotossintética, que é o índice relativo de clorofila, é decorrente do mecanismo das plantas de diminuir a fixação de carbono fotossintético ao fechar seus estômatos.

4.2.6 Número de Nódulos – NN

Houve efeito significativo ($p < 0,01$) para o fator linhagens no NN apenas no Exp. II, aos 25 e 38 DAS, não havendo efeito significativo no Exp. I (Tabela 16). Esse fato pode ser devido ao maior número de nódulos naturalmente ocorridos,

nesse experimento, que favoreceu todas as linhagens de maneira semelhante, com isso, não foi possível atingir uma diferença mínima significativa entre as linhagens. Não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os fatores linhagens e níveis de CEai. Ocorreu regressão significativa em todos os períodos avaliados, em ambos os experimentos.

Tabela 16. Resumo das análises de variância dos experimentos, Exp. I e Exp. II, para número de nódulos na raiz (NN), aos 25 e 38 DAS. Teresina, PI, 2016.

FV	Quadrados médios			
	NN (Exp. I)		NN (Exp. II)	
	25 DAS	38 DAS	25 DAS	38 DAS
Linhagens (L)	24,82 ^{ns}	170,15 ^{ns}	224,27 ^{**}	319,75 ^{**}
CEai ¹	292,63	1968,72	295,19	854,63
RL	1088,54 ^{**}	7362,18 ^{**}	1006,68 ^{**}	3062,50 ^{**}
RQ	60,07 [*]	330,28 [*]	62,86 ^{ns}	65,72 ^{ns}
DR	21,92 ^{ns}	182,42 ^{ns}	111,21 ^{ns}	290,31 ^{ns}
LxCEai	13,02 ^{ns}	106,40 ^{ns}	49,57 ^{ns}	89,87 ^{ns}
Resíduo ²	11,02	75,55	32,04	52,00
Média geral	13,42	36,44	11,47	18,42
CV(%)	24,73	23,85	26,37	25,37

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F.

¹ Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) com modelagem da regressão: Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Desvio da Regressão (DR).

² Número de graus de liberdade para o resíduo: 30.

No Exp. II, a L3 apresentou os maiores valores de NN sendo superior a L1, tanto aos 25 quanto aos 38 DAS, com L2 se igualando à L1 e depois a L3 nos dois períodos de avaliação (Tabela 17).

Tabela 17. Médias¹ para o número de nódulos (NN) aos 25 e 38 DAS do Exp. II. Teresina, PI, 2016.

Linhagens ²	NN (Exp. II)	
	25 DAS	38 DAS
L1	17,60 b	26,93 b
L2	21,47 ab	24,73 b
L3	25,33 a	33,60 a
DMS	5,08	6,48

¹ Médias com mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

² L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

Para NN houve efeito decrescente com aumento da CEai em ambos os experimentos. O modelo de regressão quadrático apresentou melhor ajuste no Exp. I, no qual, aos 25 DAS, ocorreu redução mais expressiva até o quarto nível com

53,51% e com mais 13,50% até o maior nível, o que demonstra um decréscimo de 67,01% no intervalo estudado. Aos 38 DAS, ocorreu também um comportamento quadrático com redução de 65,98%, quando comparados o menor ao maior nível (Figura 14A). No Exp. II o modelo linear foi o que melhor representou a resposta da planta, em ambos os períodos avaliados. Aos 25 DAS, a redução foi de 72,57% e aos 38 DAS de 79,57%, quando comparado o CEai₀ com CEai₄ (Figura 14B).

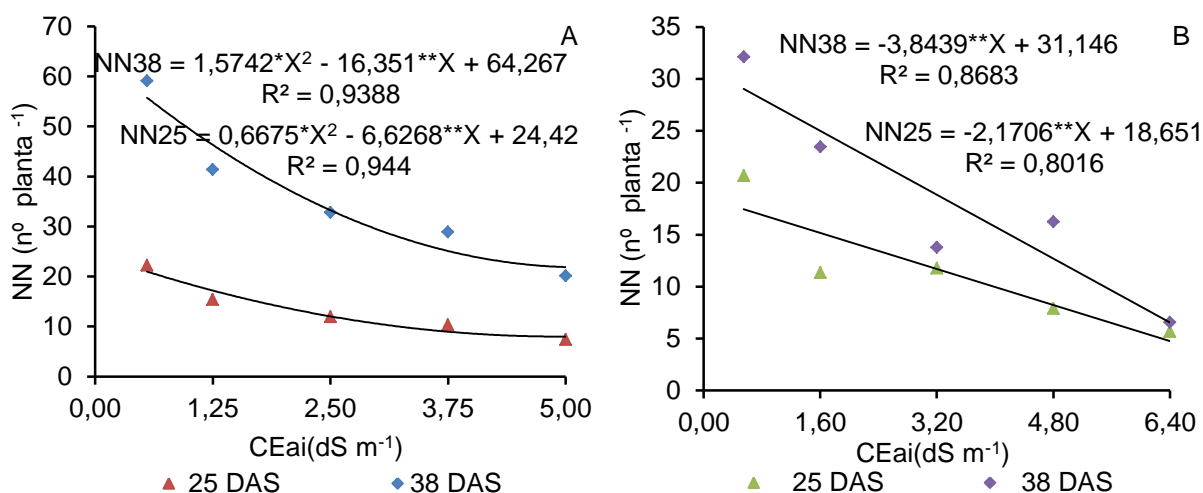


Figura 14. Número de nódulos (NN) ocorridos naturalmente na raiz das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25 e 38 DAS para os experimentos, Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.

Nos dois períodos avaliados, houve uma diferença do comportamento dentro de cada nível. No Exp. II, no nível dois, a diferença entre o número de nódulos da coleta aos 25 e 38 DAS é de 51,66%. No maior nível essa diferença foi de 13,57% (Figura 14B), demonstrando que o aumento dos sais na água de irrigação, o incremento no NN que deveria ocorrer com o desenvolvimento da planta e dos microrganismos foi reduzido devido a condição de salinidade. O comportamento quadrático observado na Figura 14A ocorreu, possivelmente, devido à maior quantidade de nódulos existentes nas raízes no Exp. I, que mesmo com redução devido ao aumento na CEai, apresentandoa tendência a estabilizar.

Lima et al. (2007), trabalhando com a cultura do feijão-caupi com diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, observaram que o número de nódulos das raízes (NN) sofreu redução de mais de 98% ao nível de 5 dS m⁻¹ da água de irrigação. Redução também observada por Medeiros et al. (2008), que trabalharam com estresse salino sobre a nodulação em feijão-caupi, encontrando redução de

mais de 30% dentro do intervalo de estudo. Resultados semelhantes foram obtidos no presente trabalho, onde houve reduções na faixa de 65 e 80%.

Os resultados também foram semelhantes àqueles encontrados por Silva et al. (2009) que estudaram feijão-caupi irrigado com água salina, observando o seu desenvolvimento vegetativo em casa de vegetação. Os autores concluíram que a salinidade da água de irrigação afetou as variáveis de crescimento e o número de nódulos das raízes (NN), ocasionando redução nos mesmos. Estes afirmam ainda, que o NN apresenta sensibilidade maior que outras variáveis de crescimento.

A irrigação com água salina de condutividade elétrica crescente vem a promover essa redução no número de nódulos naturais das raízes (NN) nas plantas de feijão-caupi, provavelmente, causada por uma sensibilidade da simbiose *Bradyrhizobium*-feijão-caupi a essa condição de estresse salino (MEDEIROS et al., 2008).

4.2.7 Área Foliar – AF

Em relação à AF, não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as linhagens aos 38 DAS do Exp. I, no entanto foi verificado comportamento diferenciado entre as demais linhagens ($p<0,01$ e $p<0,05$). Para a interação entre os fatores, linhagens e níveis de CEai, apresentou significância ($p<0,01$) apenas aos 38 DAS do Exp. I (Tabela 18).

Tabela 18. Resumo das análises de variância do Exp. I (Exp. I) e II (Exp. II) para a área foliar (AF), aos 25 e 38 DAS. Teresina, PI, 2016.

FV	Quadrados médios			
	AF (Exp. I)		AF (Exp. II)	
	25 DAS	38 DAS	25 DAS	38 DAS
Linhagens (L)	23992,25**	376,17 ^{ns}	4844,32**	3846,30*
CEai ¹	16349,99	44206,54	8257,55	26563,41
RL	60764,62**	132177,17**	28174,86**	94870,20**
RQ	2856,09 ^{ns}	41366,15**	2910,53 ^{ns}	11164,21**
DR	1779,26 ^{ns}	3282,85 ^{ns}	1944,81 ^{ns}	219,21 ^{ns}
LxCEai	3108,86 ^{ns}	5798,69**	295,21 ^{ns}	1306,80 ^{ns}
Resíduo ²	2085,28	1679,57	760,56	1070,13
Média geral (cm ²)	302,32	410,07	205,84	252,77
CV(%)	15,10	9,99	13,40	12,94

*Significativo ($p<0,05$); ** Significativo ($p<0,01$); ^{ns} não significativo ($p>0,05$) pelo teste F.

¹ Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) com modelagem da regressão: Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Desvio da Regressão (DR).

² Número de graus de liberdade para o resíduo: 30.

A AF da L1 no Exp. I aos 25 DAS apresentou desempenho superior à L3 e não diferiu da L2, e no Exp. II tanto aos 25 quanto 38 DAS a L3 foi superior a L2 e se igualando a L1 (Tabela 19), comportamento semelhante ao observado na Tabela 8 mostrando uma ligação forte entre o NF e a AF. Aos 38 DAS do Exp. I a diferença não ocorreu, possivelmente, devido ao comportamento da planta no diferente estágio fenológico nesse período de avaliação, e a influência negativa da salinidade em todas as linhagens deste experimento.

Tabela 19. Médias¹ da área foliar (AF) por linhagem aos 25 DAS (Exp. I) e aos 25 e 38 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.

Linhagens ²	AF (Exp. I)	AF (Exp. II)	
	25 DAS	25 DAS	38 DAS
L1	332,50 a	204,70 ab	251,90 ab
L2	317,51 a	188,47 b	237,20 b
L3	256,96 b	224,36 a	269,19 a
DMS	41,03	24,78	29,39

¹ Médias com mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

² L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

Na interação ocorrida entre os fatores, linhagens e níveis de CEai, aos 38 DAS do Exp. I quando comparadas as linhagens dentro de cada CEai, só houve diferença entre as linhagens no maior nível, sendo a L3 superior às demais. Na combinação das linhagens com os níveis ocorreu redução da AF com aumento da CEai sendo que a diferença em todas as linhagens ocorreu a partir da CEai₂. As maiores reduções ocorreram para a L1 na CEai₃ (32,66%), a L2 na CEai₄ (42,96%), e L3 ao nível CEai₃ (40,98) em relação à CEai₀ (Tabela 20).

Tabela 20. Médias¹ da área foliar (AF), das três linhagens em função das cinco condutividades elétricas. Teresina, PI, 2016.

Linhagens ³	CEai ² (dS m ⁻¹) 38 DAS no Exp. I				
	CEai ₀	CEai ₁	CEai ₂	CEai ₃	CEai ₄
L1	499,81 aA	442,85 aA	393,28 aBC	336,58 aC	373,43 abBC
L2	523,46 aA	439,11 aAB	404,81 aB	361,88 aBC	298,56 bC
L3	540,67 aA	407,56 aAB	356,89 aBC	319,10 aBC	453,09 aAB
	DMS _{linhas} = 97,25			DMS _{colunas} = 82,34	

¹ Médias com mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

² Condutividade elétrica, em dS m⁻¹: Exp. I (CEai₀ = 0,55; CEai₁ = 1,25; CEai₂ = 2,50; CEai₃ = 3,75; CEai₄ = 5,00); Exp. II (CEai₀ = 0,55; CEai₁ = 1,60; CEai₂ = 3,20; CEai₃ = 4,80; CEai₄ = 6,40).

³ L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

A equação de regressão que melhor representou a resposta das plantas aos 25 DAS no Exp. I foi do tipo linear, com redução na AF de 26,92% (Figura 15A). No

Exp. II aos 25 DAS foi a regressão de modelo linear, na qual verificou-se uma redução de 30,84%, aos 38 DAS a resposta foi quadrática com redução até o quarto nível com 37,85% e em todo o intervalo de estudo essa diminuição foi de 38,80%, porcentagens obtidas da comparação dos outros níveis com o CEai₀ (Figura 15B).

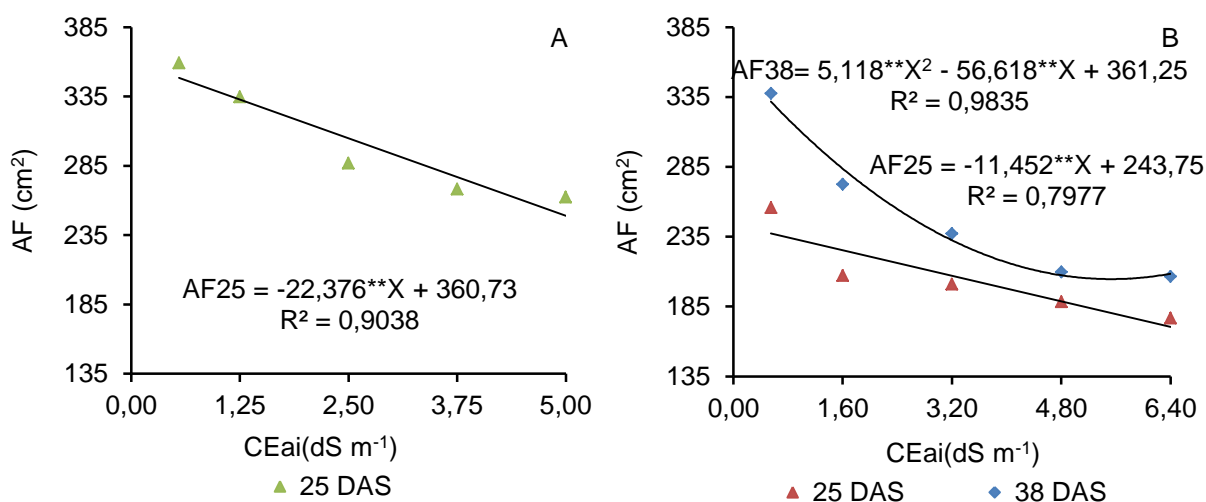


Figura 15. Área foliar (AF), em cm², das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25 DAS para os experimentos I (Exp. I) e II (Exp. II). Teresina, PI, 2016.

Xavier et al. (2014), avaliando feijão-caupi submetidos à irrigação com água salina e adubação nitrogenada também observaram que aumento Na CEai da água de irrigação influenciou negativamente a AF do feijão-caupi. Observaram redução de 33,72% na AF ao nível de 4,5 dS m⁻¹ da água de irrigação, porcentagem de atenuação semelhante a variação (25 à 38%) observada nos intervalos de estudo dos experimentos do presente trabalho.

Segundo Oliveira et al. (2012) para a manutenção do potencial hídrico elevado na planta submetida ao estresse salino, ocorre a redução no desenvolvimento da área foliar e assim da superfície transpiratória. Tester e Davenport (2003), acreditam que o decréscimo na área foliar está relacionado, possivelmente, com um dos mecanismos de adaptação ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante da planta. No entanto, Gomes et al. (2011) afirmam que esse mecanismo pode ocasionar perdas de produtividade, pois com a redução na área foliar, a região da folha destinada ao processo fotossintético é afetada, alterando a partição de fotoassimilados.

4.2.8 Matéria seca da planta

Com relação à matéria seca da parte aérea (MSPA), houve diferença significativa ($p < 0,01$) entre as linhagens nas duas épocas avaliadas do Exp. I e aos 38 DAS do Exp. II (Tabela 21). Não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os fatores, linhagens e níveis de CEai.

Tabela 21. Resumo das análises de variância do Exp. I (Exp. I) e II (Exp. II) para matéria seca da parte aérea (MSPA), aos 25 e 38 DAS. Teresina, PI, 2016.

FV	Quadrados médios			
	MSPA (Exp. I)		MSPA (Exp. II)	
	25 DAS	38 DAS	25 DAS	38 DAS
Linhagens (L)	1,47**	6,32**	0,15 ^{ns}	1,08**
CEai ¹	0,46	2,09	1,03	2,91
RL	1,24**	7,27**	3,73**	11,08**
RQ	0,10 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,57*
DR	0,48 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,01 ^{ns}
LxCEai	0,08 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,10 ^{ns}
Resíduo ²	0,07	0,33	0,05	0,12
Média geral (g)	1,73	3,92	1,45	2,38
CV(%)	15,52	14,78	15,56	14,28

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F.

¹ Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) com modelagem da regressão: Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Desvio da Regressão (DR).

² Número de graus de liberdade para o resíduo: 30.

A L1 obteve os maiores valores de MSPA, sendo sempre superior a L3 que apresentou os menores valores, em ambos os experimentos, aos 25 DAS do Exp. I a L1 se igualou a L2 (Tabela 22).

Tabela 22. Médias¹ da matéria seca (MSPA) da parte aérea por linhagem aos 25 e 38 DAS (Exp. I) e aos 38 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.

Linhagens	MSPA (Exp. I)		MSPA (Exp. II)
	25 DAS	38 DAS	38 DAS
L1	1,94 a	4,60 a	2,67 a
L2	1,87 a	3,85 b	2,35 b
L3	1,37 b	3,31 c	2,13 b
DMS	0,24	0,52	0,30

¹ Médias com mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

² L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

Em relação à MSPA houve efeito decrescente com aumento da CEai em ambos os experimentos. No Exp. I a redução linear foi de 19,39% aos 25 DAS, e de 23,09% aos 38 DAS quando comparado ao nível controle CEai₀ ao maior CEai₄

(Figura 16A). No Exp. II para a mesma comparação essa redução foi 45,18% aos 25 DAS, e aos 38 DAS foi observado comportamento quadrático com redução de 38,20% até o quarto nível e 43,79% no intervalo de estudo completo (Figura 16B).

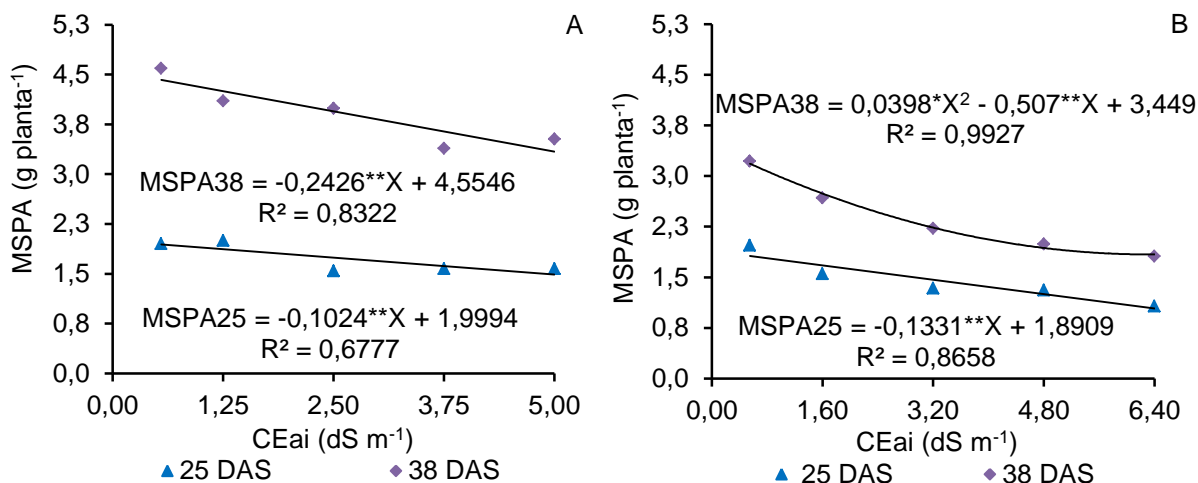


Figura 16. Matéria seca da parte aérea (MSPA) das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25 e 38 DAS para o Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.

Silva et al. (2011), trabalhando com irrigação com água salina em feijão-caupi observaram redução na MSPA com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. Através da equação calculada pelos autores, a maior diminuição foi de mais de 30% ao nível 6,0 dS m⁻¹, redução essa que se compreende no intervalo (19 à 45%) observado nos experimentos do presente trabalho. Os autores asseveram ainda que a inibição do crescimento pode ter sido provocada pelos efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas, e sugerem que essa inibição, provavelmente, resulta do nível máximo de tolerância à salinidade de solo da cultura que segundo Ayers e Westcot (1999) seria influenciado negativamente a partir de 3,3 dS m⁻¹.

A MSPA é dividida em matéria seca das folhas (MSF), que no Exp. I não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre as linhagens aos 38 DAS do Exp. II, e das hastes (MSH) que houve diferença significativa ($p < 0,01$) entre as linhagens em todos os períodos avaliados em ambos os experimentos (Tabela 23). Não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os fatores, linhagens e níveis de CEai, em ambos os parâmetros e experimentos.

Tabela 23. Resumo das análises de variância do Exp. I (Exp. I) e II (Exp. II) para a matéria seca das folhas e hastes, aos 25 e 38 DAS. Teresina, PI, 2016.

FV	Quadrados médios							
	MSF (Exp. I)		MSF (Exp. II)		MSH (Exp. I)		MSH (Exp. II)	
	25 DAS	38 DAS	25 DAS	38 DAS	25 DAS	38 DAS	25 DAS	38 DAS
Linhagens(L)	0,32**	0,83**	0,20**	0,08 ^{ns}	0,42**	3,81**	0,14**	0,81**
CEai ¹	0,15	0,75	0,38	1,15	0,09	0,35	0,16	0,41
RL	0,38**	2,60**	1,39**	4,41**	0,24**	1,17**	0,57**	1,51**
RQ	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,17*	0,00 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,05**	0,12 ^{ns}
DR	0,09 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}
LxCEai	0,03 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Resíduo ²	0,03	0,10	0,02	0,03	0,02	0,11	0,01	0,04
Média geral	1,12	2,17	0,89	1,33	0,61	1,74	0,56	1,06
CV(%)	15,21	14,73	17,8	14,12	22,15	19,15	14,56	18,34

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F.

¹ Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) com modelagem da regressão: Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Desvio da Regressão (DR).

² Número de graus de liberdade para o resíduo: 30.

Para a MSF, no Exp. I e em ambos os experimentos na MSH a L3 foi inferior às outras linhagens nas duas coletas de dados. No Exp. II aos 25 DAS na MSF a L3 foi superior a L2 e se igualou a L1 e aos 38 DAS não houve diferença estatística entre as mesmas.

Tabela 24. Médias¹ da matéria seca das folhas (MSF), e das hastes (MSH), por linhagem aos 25 e 38 DAS (Exp. I) e aos 25 e 38 DAS (Exp. II). Teresina, PI, 2016.

Linhagens ²	MSF (Exp. I)		MSF (Exp. II)		MSH (Exp. I)		MSH (Exp. II)	
	25 DAS	38 DAS	25 DAS	38 DAS	25 DAS	38 DAS	25 DAS	38 DAS
L1	1,21 a	2,43 a	0,87 ab	1,40 a	0,74 a	2,17 a	0,66 a	1,27 a
L2	1,18 a	1,97 b	0,78 b	1,25 a	0,69 a	1,88 a	0,55 b	1,10 a
L3	0,95 b	2,12 b	1,01 a	1,32 a	0,42 b	1,18 b	0,46 c	0,81 b
DMS	0,15	0,28	0,14	0,16	0,12	0,30	0,07	0,17

¹ Médias com mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

² L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

A regressão de modelo linear foi a que melhor representou a resposta das plantas no Exp. I, tanto para MSF como MSH, com redução de 18,71% e 25,84% para MSF aos 25 e 38 DAS (Figura 17A), respectivamente, e para MSH de 20,32% aos 25 DAS e 25,0% aos 38 DAS, quando comparados dentro do intervalo estudado (Figura 17B). No Exp. II aos 25 DAS da MSF a redução linear foi de 46,0%, aos 38 DAS verificou-se um comportamento quadrático, que apresentou redução de 32,74% quando comparado ao nível controle CEai₀ com o terceiro nível CEai₂ havendo ainda mais 15,85% de redução até o quinto nível CEai₄ (Figura 17C), com o mesmo

comportamento aos 25 DAS para MSH ocorreu redução de 33,42% no intervalo entre a CE_{ai_0} e a CE_{ai_2} e apenas 11,4% ao quinto nível CE_{ai_4} , aos 38 DAS o decréscimo linear foi de 37,34% (Figura 17D).

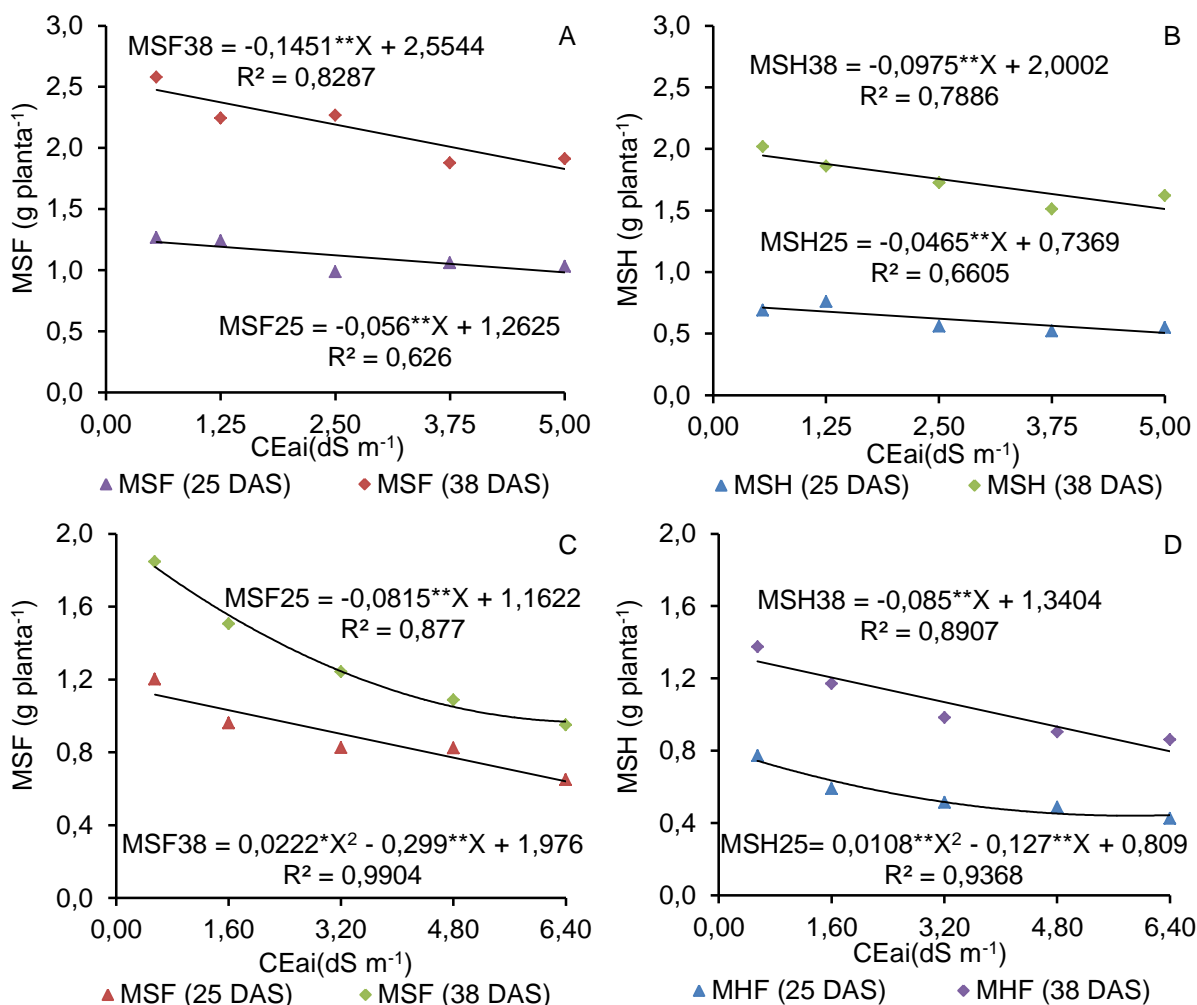


Figura 17. Matéria seca das folhas (A) das hastes (B) para o Exp. I, e matéria seca das folhas (C) das hastes (D) para o Exp. II das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}). Teresina, PI, 2016.

Considerando a matéria seca das raízes (MSR) houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre às linhagens, nos dois experimentos e nos períodos avaliados, na matéria seca total da planta (MST) houve diferença significativa ($p < 0,05$) apenas aos 25 DAS em ambos os experimentos. Houve interação significativa ($p < 0,01$) para MSR apenas aos 25 DAS do Exp. II, não foi possível ajustar um modelo de regressão que explicasse o estudo das condutividades elétricas na MSR do Exp. I (Tabela 25).

Tabela 25. Resumo das análises de variância do Exp. I (Exp. I) e II (Exp. II) para a matéria seca das raízes (MSR) e total (MST), aos 25 e 38 DAS. Teresina, PI, 2016.

FV	Quadrados médios							
	MSR Exp. I		MSR Exp. II		MST Exp. I		MST Exp. II	
	25 DAS	38 DAS	25 DAS	38 DAS	25 DAS	38 DAS	25 DAS	38 DAS
Linhagens (L)	7,66**	15,75**	0,10*	0,37**	9,72**	4,58 ^{ns}	0,45*	0,20 ^{ns}
CEai ¹	0,71	1,77	2,15	1,14	1,23	7,48	6,08	7,66
RL	0,71 ^{ns}	4,85 ^{ns}	8,12**	4,29**	3,83**	24,00**	22,86**	29,16**
RQ	0,19 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,41**	0,15 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,91 ^{ns}	1,75**	1,30*
DR	1,93 ^{ns}	2,11 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,53 ^{ns}	5,00 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,19 ^{ns}
LxCEai	0,34 ^{ns}	3,08 ^{ns}	0,07**	0,07 ^{ns}	0,57 ^{ns}	4,50 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,28 ^{ns}
Resíduo ²	0,36	1,65	0,02	0,04	0,43	2,55	0,09	0,18
Média geral (g)	2,08	4,01	0,94	0,99	3,82	7,93	2,39	3,38
CV(%)	28,77	32,06	15,96	19,22	17,28	20,15	12,92	12,67

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F.

¹ Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) com modelagem da regressão: Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Desvio da regressão (DR).

² Número de graus de liberdade para o resíduo: 30.

Aos 25 DAS a L2 foi superior as demais com relação à MSR no Exp. I, aos 38 DAS em ambos os experimentos a L3 foi superior, foi observado que a L3 apresentando crescimento inicial mais lento tanto na parte aérea como no sistema radicular, em geral, as L1 e L2 foram superiores no início do desenvolvimento. Para a MST como só houve diferença aos 25 DAS em ambos os experimentos. No Exp. I seguindo o que foi verificado para a parte aérea e a raiz a L3 foi inferior às demais, e nesse caso específico a L2 foi à de maior valor de biomassa seca, no Exp. II a L3 juntamente com a L1 são superiores a L2 para MST (Tabela 26).

Tabela 26. Médias¹ das matérias seca das raízes (MSR) aos 25 e 38 DAS, e matérias seca total (MST) aos 25 DAS por linhagem dos experimentos, Exp. I e Exp. II. Teresina, PI, 2016.

Linhagens	MSR (Exp. I)		MSR (Exp. II)	MST (Exp. I)	MST (Exp. II)
	25 DAS	38 DAS	38 DAS	25 DAS	25 DAS
L1	1,46 b	3,30 b	0,84 b	3,41 b	2,49 a
L2	2,86 a	3,53 b	0,98 b	4,47 a	2,19 b
L3	1,92 b	5,18 a	1,15 a	3,29 b	2,48 a
DMS	0,53	1,15	0,17	0,59	0,27

¹ Médias com mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

² L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

Na interação ocorrida aos 25 DAS do Exp. II para MSR, quando avaliando o comportamento das linhagens dentro de todas as CEai a L3 teve comportamento superior às demais no nível controle, mesmo com aumento dos níveis manteve-se superior ou igual as demais. Quando comparados à combinação das linhagens com CEai₀ com as mesmas nas demais combinações foi possível observar que houve

redução, e que até a combinação com o terceiro nível todas as linhagens obtiveram a maior parte do decréscimo, sendo 61,71% (L1), 66,29% (L2) e 87,89% (L3) da redução total que foi de 72,16, 70,96 e 74,55% para L1, L2 e L3, respectivamente. Mesmo a L3 sendo superior às demais nas combinações com CEai₀ e CEai₃, obteve a maior diminuição na MSR com aumento da CEai (Tabela 27).

Tabela 27. Médias¹ da matéria seca das raízes (MSR), das três linhagens em função das cinco condutividades elétricas, no Exp. II. Teresina, PI, 2016.

Linhagens ³	CEai ² (dS m ⁻¹) MSR aos 25 DAS				
	CEai ₀	CEai ₁	CEai ₂	CEai ₃	CEai ₄
L1	1,45 bA	1,36 aA	0,80 aB	0,76 aBC	0,40 aC
L2	1,48 bA	1,08 aB	0,78 aBC	0,45 bCD	0,43 aD
L3	1,96 aA	1,26 aB	0,67 aC	0,62 abC	0,50 aC
	DMS _{linhas} = 0,35			DMS _{colunas} = 0,30	

¹ Médias com mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si (p>0,05), pelo teste de Tukey.

² Condutividade elétrica, em dS m⁻¹: Exp. I (CEai₀= 0,55; CEai₁= 1,25; CEai₂= 2,50; CEai₃= 3,75; CEai₄= 5,00); Exp. II (CEai₀= 0,55; CEai₁= 1,60; CEai₂= 3,20; CEai₃= 4,80; CEai₄= 6,40).

³ L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

No Exp. II para MSR, houve aos 38 DAS um decréscimo linear com aumento da CEai, quando comparamos dentro do intervalo de estudo (CEai₀ a CEai₄) encontramos redução de 60,93% (Figura 18). Nenhum modelo de regressão se ajustou a redução da MSR no Exp. I, possivelmente, devido à toxidez causada pelos sais em todos os níveis ter sido intensa não sendo possível manter um padrão.

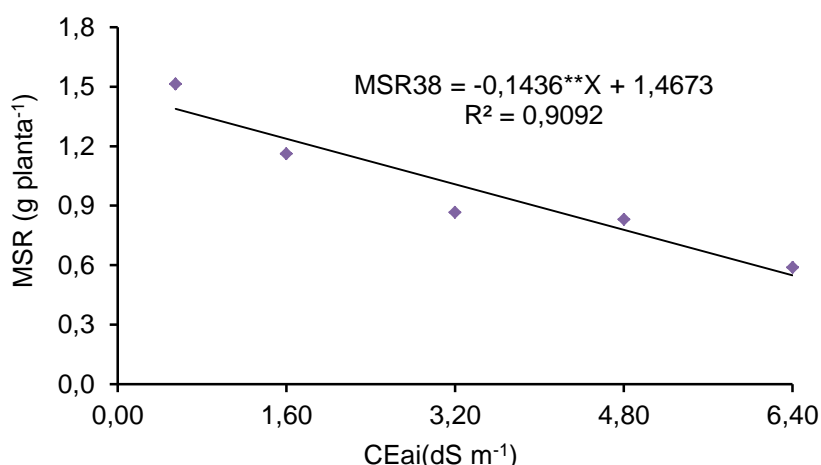


Figura 18. Matéria seca das raízes (MSR), em gramas, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 38 DAS. Teresina, PI, 2016.

Para MST no Exp. I, a regressão de modelo linear teve melhor ajuste para o comportamento das combinações entre os níveis e as linhagens, com decréscimos de 21,80% aos 25 DAS e 21,68% aos 38 DAS quando comparado ao nível controle CEai₀ com o quinto nível CEai₄ (Figura 19A). No Exp. II a regressão quadrática foi que melhor se ajustou à redução em ambas às épocas de avaliação, apresentando comportamento similar com decréscimo mais acentuado até a CEai₂, onde ocasionou a diminuição de 41,82% aos 25 DAS e 34,81% aos 38 DAS e para a redução total em CEai₄ só acrescenta mais 16,06% aos 25 DAS e 14,56% aos 38 DAS (Figura 19B).

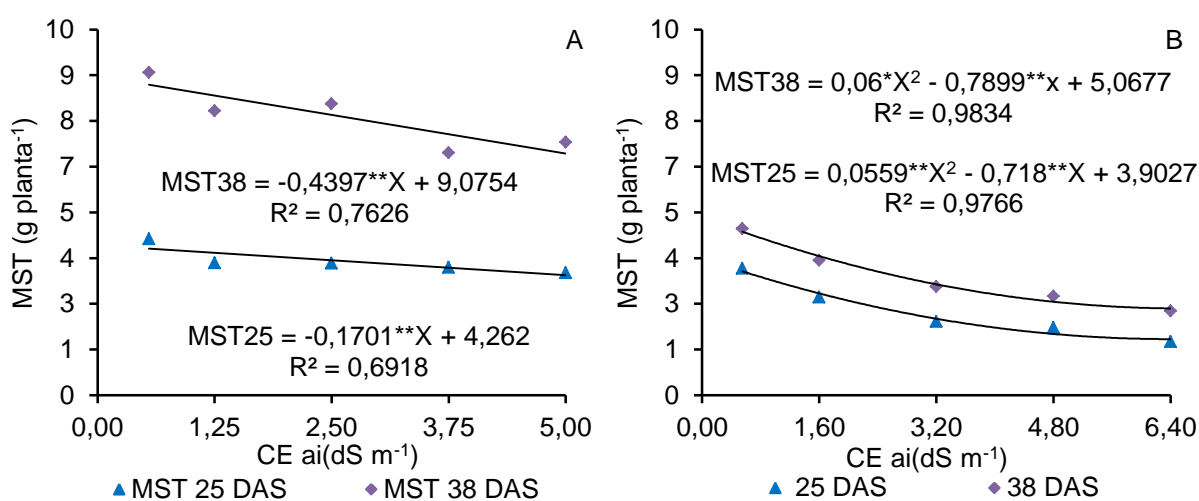


Figura 19. Matéria seca total (MST), em gramas, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), aos 25 e 38 DAS para o Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.

Esse comportamento quadrático encontrado na MST do Exp. II tem relação com a rápida resposta da planta ao aumento de CEai. Para todos os parâmetros avaliados com relação à biomassa seca (MSPA, MSF, MSH, MSR e MST) foi possível observar uma redução maior no Exp. II, possivelmente, com aumento dos níveis da CEai essa redução veio a ocorrer de uma maneira mais atenuada.

Sousa et al. (2010), observando as respostas morfofisiológicas de algumas culturas, entre elas o feijão-caupi, sob estresse salino, encontraram resultados de redução na MSR, MSPA e MST, para o feijão-caupi com aumento da CEai de até 8,0 dS m⁻¹ observaram decréscimos de aproximadamente de 69% na MSPA e 79% na MSR, reduções próximas as obtidas nos experimentos do presente trabalho, que na MSPA se aproximam de 45% no maior nível e na MSR foram no intervalo de 60 a 87% dependendo da linhagem e do maior nível. Os autores concluíram ainda que a

sensibilidade do feijão-caupi ao estresse salino, possivelmente, resulta do elevado acúmulo de Cl^- nas folhas associado à falta de outros mecanismos de proteção.

Coelho et al. (2013), trabalhando com feijão-caupi cultivado em solos com diferentes níveis de salinidade, observando o comportamento do crescimento concluíram que aumento da salinidade do solo afeta negativamente as variáveis de crescimento e a biomassa seca da parte aérea. Afirmam ainda, que essa redução ocorreu devido ao acúmulo de Na^+ e Cl^- íons potencialmente tóxicos nos tecidos foliares e ao efeito osmótico dos sais no solo sobre as raízes, e com isso a planta passa a ter um rigor maior sobre o fechamento dos estômatos para reduzir ao máximo sua perda de água.

Oliveira et al. (2013), Silva et al. (2009) trabalhando com feijão-caupi e Lima et al. (2014) com mamona, submetidos a estresse salino, verificaram redução nas variáveis matéria seca das folhas, do caule, da raiz e total, quando submetidas ao aumento da CEai.

4.2.9 Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) e Relativo (TCR)

Houve efeito significativo ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) para o fator linhagens no TCA e TCR em ambos os experimentos, não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os fatores linhagens e níveis de CEai (Tabela 28). Ocorreu regressão significativa ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) apenas para TCA nos dois experimentos.

Tabela 28. Resumo das análises de variância para a taxa de crescimento absoluto e relativo, em g d^{-1} e $\text{g g}^{-1}\text{d}^{-1}$. Teresina, PI, 2016.

FV	Quadrados médios			
	TCA		TCR	
	Exp. I	Exp. II	Exp. I	Exp. II
Linhagens (L)	0,0144**	0,0055**	0,0009*	0,0013**
CEai ¹	0,0063	0,0032	0,0006	0,0001
RL	0,0148*	0,0115**	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
RQ	0,0005 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
DR	0,0006 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
LxCEai	0,0052 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Resíduo ²	0,0021	0,0008	0,0003	0,0002
Média geral	0,1684	0,0720	0,0633	0,0379
CV(%)	27,11	2,71	26,50	1,37

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F.

¹ Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) com modelagem da regressão: Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Desvio da Regressão (DR).

² Número de graus de liberdade para o resíduo: 30.

No Exp. I a TCA da L1 supera às médias de L2 e L3, sendo estas iguais estatisticamente. Em relação à TCR, às médias das três linhagens não diferem entre si estatisticamente. Por outro lado, no Exp. II as TCAs da L1 e L2 foram estatisticamente iguais, mas superiores a TCA de L3. O mesmo comportamento foi constatado para a TCR neste experimento (Tabela 29).

Tabela 29. Médias¹ da taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) por linhagem dos experimentos, Exp. I e Exp. II. Teresina, PI, 2016.

Linhagens ²	TCA		TCR	
	Exp. I	Exp. II	Exp. I	Exp. II
L1	0,2041 a	0,0870 a	0,0669 a	0,0427 a
L2	0,1521 b	0,0781 a	0,0540 a	0,0440 a
L3	0,1489 b	0,0501 b	0,0689 a	0,0271 b
DMS	0,0410	0,0266	0,0151	0,0127

¹ Médias com mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p>0,05$), pelo teste de Tukey.

² L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

Em ambos os experimentos, para a TCA o modelo linear foi o que melhor representou a resposta das plantas em relação ao aumento nos níveis de CEai, com isso ocasionou decréscimo de 25% (Figura 20A) e 40% (Figura 20B) da TCA nos experimentos I e II respectivamente, quando comparados CEai₀ com CEai₄. Mesmo com o modelo linear representando o intervalo estudado o ponto onde ocorre maior redução foi no quarto nível, em ambos os experimentos com reduções de 30% e 50% nos experimentos I e II, respectivamente.

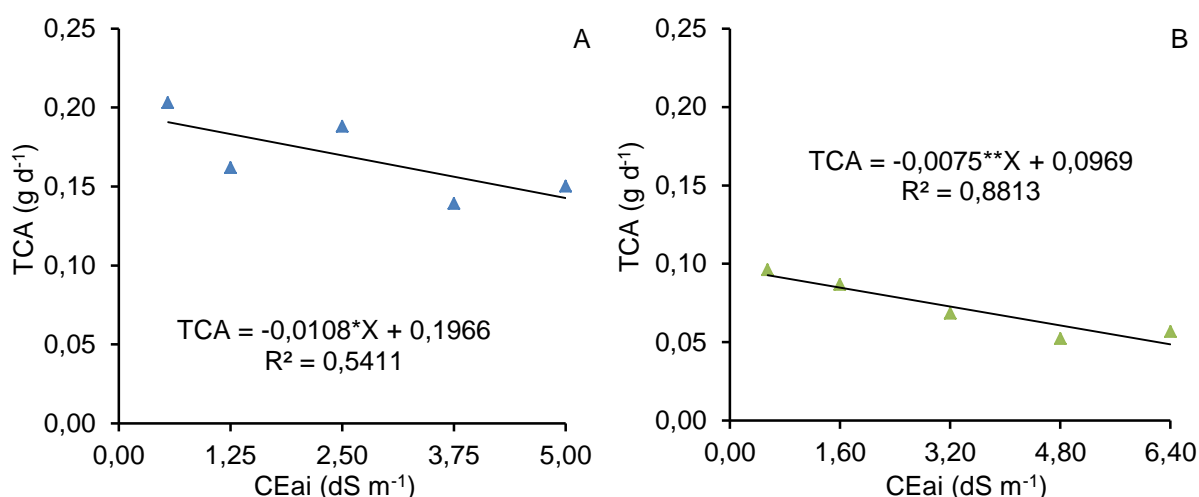


Figura 20. Taxa de crescimento absoluto (TCA), das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), para o Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.

Neves et al (2009), trabalhando com feijão-caupi irrigado em diferentes estádios, observaram que as plantas submetidas a irrigação com água salina após a emergência até o final do ciclo, como ocorrido neste trabalho, apresentam menor TCA e TCR em relação às irrigadas apenas em algumas fases, obtiveram reduções na TCA, quando comparadas os níveis com o nível controle, de mais de 50%, diminuição esta semelhante à observada no Exp. II do presente trabalho. Os autores concluíram que a irrigação com água salina afeta negativamente a taxa de crescimento.

Munns (2002) aponta como uma das causas da redução no crescimento das plantas, os tecidos foliares apresentam limitação na assimilação líquida de carbono. Trabalhando com outras culturas Viana et al. (2004) e Mesquita et al. (2012) observaram redução na TCA e TCR com aumento da CEai.

4.2.10 Relações parte aérea/raiz (RPAR) e folha/raiz (RFR)

Nas relações RPAR e RFR, não houve efeito significativo ($p > 0,05$) da interação entre os fatores, linhagens e níveis de CEai. Houve efeito significativo ($p < 0,01$) entre as linhagens, nos experimentos I e II, nas duas relações (Tabela 30).

Tabela 30. Resumo das análises de variância do Exp. I (Exp. I) e II (Exp. II) para a relação parte aérea/raiz (RPAR) e relação folha/raiz (RFR), em $g\ g^{-1}$, Teresina, PI, 2016.

FV	Quadrados médios			
	RPAR		RFR	
	Exp. I	Exp. II	Exp. I	Exp. II
Linhagens (L)	2,69**	10,80**	0,49**	1,96**
CEai ¹	0,06	1,24	0,01	0,23
RL	0,04 ^{ns}	4,72**	0,00 ^{ns}	0,77*
DR	0,22 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,13 ^{ns}
LxCEai	0,22 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Resíduo ²	0,12	0,39	0,03	0,12
Média geral ($g\ g^{-1}$)	1,14	2,68	0,62	1,46
CV(%)	30,16	23,35	28,04	24,10

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F.

¹ Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) com modelagem da regressão: Regressão linear (RL), Desvio da Regressão (DR).

² Número de graus de liberdade para o resíduo: 30.

Com relação à RPAR e RFR a L1 foi superior às demais nos dois experimentos, entretanto, no Exp. I não diferindo da L2, sendo ambas superiores à L3 (Tabela 31). A relação parte aérea sobre raiz é considerada um parâmetro

importante para a classificação de cultivares sobre sua tolerância aos estresses abióticos (LUTTS et al., 1996).

Tabela 31. Médias¹ da relação parte aérea/raiz (RPAR) e folha/raiz (RFR) por linhagem dos experimentos, Exp. I e Exp. II. Teresina, PI, 2016.

Linhagens ²	RPAR		RFR	
	Exp. I	Exp. II	Exp. I	Exp. II
L1	1,49 a	3,60 a	0,78 a	1,87 a
L2	1,25 a	2,49 b	0,64 a	1,31 b
L3	0,67 b	1,94 b	0,42 b	1,20 b
DMS	0,31	0,56	0,15	0,32

¹ Médias com mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p>0,05$), pelo teste de Tukey.

² L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

No estudo do fator condutividade elétrica só houve regressão significativa no Exp. II onde o modelo que melhor representou foi o linear, com um incremento na RPAR de 42,72% e RFR de 31,2% quando comparados o menor e o maior nível de CEai (Figura 21).

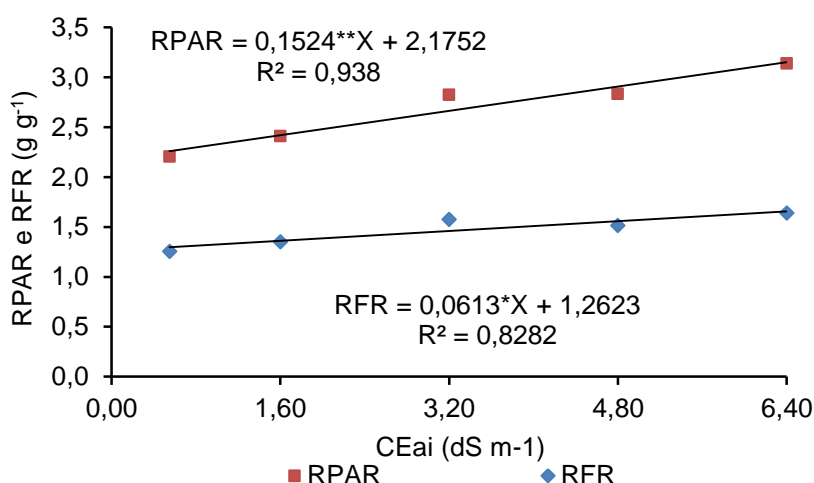


Figura 21. Relação parte aérea/raiz (RPAR) e folha/raiz (RFR), em g g⁻¹, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), para o Exp. II. Teresina, PI, 2016.

Percebe-se que houve um incremento na RPAR e RFR, com aumento da salinidade da água de irrigação, isso devido à redução da MSR ter sido superior à MSPA e MSF. Resultados discordantes foram encontrados por Costa et al. (2003), que trabalhando com feijão-caupi observaram um aumento na relação raiz/parte aérea, sendo o comportamento de redução da massa seca da parte aérea superior à das raízes.

Outros ensaios científicos apresentam resultados semelhantes aos obtidos nos experimentos do presente trabalho. Avaliando feijão-caupi sob estresse salino,

Sousa et al. (2007), encontraram o mesmo comportamento de incremento na RPAR com a CEai crescente, confirmados por Lima et al. (2007), que mostra um incremento de cerca de 35% na RPAR, segundo a equação de regressão de modelo quadrática obtida no experimento, porcentagem inferior à obtida no Exp. II do presente trabalho que obteve um incremento de mais de 40%. Afirmam ainda, que a relação parte aérea sobre raiz é muito variável nas diferentes espécies vegetais.

4.2.11 Análises do acúmulo de sais no solo

Houve efeito significativo da interação ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) entre os fatores linhagens e níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, para as variáveis condutividade elétrica do solo ($CE_{1:2,5}$), nos dois experimentos, e teor sódio no solo (Na) apenas no Exp. II (Tabela 32).

Tabela 32. Resumo das análises de variância dos experimentos I (Exp. I) e II (Exp. II) para a condutividade elétrica ($CE_{1:2,5}$), potencial hidrogeniônico (pH), sódio (Na), porcentagem de sódio trocável (PST) e Razão de adsorção de sódio (RAS) do solo dos vasos após a condução dos experimentos. Teresina, PI, 2016.

FV	Quadrados médios (Exp. I)				
	$CE_{1:2,5}$	pH	Na	PST	RAS
Linhagens (L)	0,065*	0,014 ^{ns}	0,000 ^{ns}	6,619 ^{ns}	0,002 ^{ns}
CEai ¹	3,333	0,105	0,090	118,560	0,104
RL	13,209**	0,353**	0,357**	471,240**	0,414**
RQ	0,034 ^{ns}	0,015 ^{ns}	0,004**	1,263 ^{ns}	0,001 ^{ns}
DR	0,089 ^{ns}	0,051 ^{ns}	0,001 ^{ns}	1,749 ^{ns}	0,000 ^{ns}
LxCEai	0,031*	0,028 ^{ns}	0,000 ^{ns}	1,593 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Resíduo ²	0,013	0,019	0,000	2,16	0,001
Média geral	1,11	6,59	0,32	12,05	0,33
CV(%)	10,47	2,12	5,41	12,20	9,85
FV	Quadrados médios (Exp. II)				
Linhagens (L)	0,077**	0,005 ^{ns}	0,001 ^{ns}	2,442 ^{ns}	0,003 ^{ns}
CEai ¹	13,071	0,008	0,204	256,165	0,230
RL	51,847**	0,028**	0,800**	995,060**	0,902**
RQ	0,405**	0,001 ^{ns}	0,015**	23,620**	0,015**
DR	0,034 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,000 ^{ns}	5,972 ^{ns}	0,003 ^{ns}
LxCEai	0,034**	0,003 ^{ns}	0,001*	2,755 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Resíduo ²	0,011	0,001	0,001	2,320	0,001
Média geral	1,79	6,85	0,39	14,02	0,39
CV(%)	5,75	0,58	6,99	10,87	9,22

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F.

¹ Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) com modelagem da regressão: Regressão linear (RL), Regressão quadrática (RQ), Desvio da Regressão (DR).

² Número de graus de liberdade para o resíduo: 30.

Para o teor sódio no solo (Na) no Exp. I e potencial hidrogeniônico (pH), porcentagem de sódio trocável (PST), razão de adsorção de sódio (RAS) nos dois experimentos não houve diferença significativa ($p>0,05$) no solo onde se encontrava as linhagens (Tabela 32).

Na interação entre os fatores, linhagens e níveis de CEai, ao avaliar o comportamento do solo dos vasos das linhagens nas CEai no Exp. I, só houve diferença no último nível onde o solo dos vasos da L3 apresentou maior condutividade elétrica do solo ($CE_{1:2,5}$) sendo superior aos valores da L1 e L2. No Exp. II, em virtude dos níveis de sais na água mais elevado, essa diferença teve início no quarto nível com o solo dos vasos da L3 sendo superior às demais (Tabela 33). Na combinação do solo dos vasos das linhagens com aumento Na CEai houve em ambos os experimentos acréscimo na $CE_{1:2,5}$ de 337,66% para a L1, 345,29% para a L2, e 449,62% para a L3 no Exp. I, quando comparados as combinações das linhagens com o nível controle ao quinto nível.

Tabela 33. Médias¹ para a Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) do solo dos vasos das três linhagens em função das cinco condutividades elétricas, dos experimentos (Exp. I e Exp. II). Teresina, PI, 2016.

Linhagens ³	CEai ² (dS m ⁻¹) CE do solo Exp. I				
	CEai ₀	CEai ₁	CEai ₂	CEai ₃	CEai ₄
L1	0,393 aD	0,683 aC	1,007 aB	1,527 aA	1,720 bA
L2	0,393 aD	0,693 aC	1,013 aB	1,540 aA	1,750 bA
L3	0,393 aE	0,697 aD	1,077 aC	1,600 aB	2,160 aA
	DMS _{linhas} =0,275			DMS _{colunas} =0,233	
Linhagens ³	CEai ² (dS m ⁻¹) CE do solo Exp. II				
	CEai ₀	CEai ₁	CEai ₂	CEai ₃	CEai ₄
L1	0,383 aE	0,933 aD	1,790 aC	2,433 bB	3,323 bA
L2	0,383 aE	0,977 aD	1,673 aC	2,260 bB	3,370 bA
L3	0,397 aE	0,980 aD	1,697 aC	2,667 aB	3,620 aA
	DMS _{linhas} =0,207			DMS _{colunas} =0,244	

¹ Médias com mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ($p>0,05$), pelo teste de Tukey.

² Condutividade elétrica, em dS m⁻¹: Exp. I (CEai₀= 0,55; CEai₁= 1,25; CEai₂= 2,50; CEai₃= 3,75; CEai₄= 5,00); Exp. II (CEai₀= 0,55; CEai₁= 1,60; CEai₂= 3,20; CEai₃= 4,80; CEai₄= 6,40).

³ L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

No Exp. II como os teores de sais da água de irrigação foram maiores esse acréscimo foi mais expressivo alocando quase o dobro do maior nível do Exp. I, com aumento da $CE_{1:2,5}$ do solo presente nos vasos das linhagens de 821,12% (L3), 757,51% (L2) e 745,55% (L1) mostrando uma acúmulo superior nos vasos onde estava as plantas da L3 (Tabela 33).

Silva et al.(2012), trabalhando com solos cultivados com meloeiro e irrigados com água de diferentes salinidades, observaram a evolução da salinidade em diferentes tipos de solos os autores concluíram que a CE do extrato de diluição 1:2,5 do solo obteve acréscimo com variação entre 190 e 230% segundo a equação de regressão, na comparação do maior com o menor nível de CEai, dependendo do tipo de solo, e que está diretamente ligado ao aumento da CE da água de irrigação (CEai). Estes incrementos a $CE_{1:2,5}$ do solo são inferiores aos encontrados nos experimentos do presente trabalho, que alcançaram maiores níveis de CEai e por isso no intervalo de estudo o incremento variou de 337 a 449% no Exp. I e de 745 a 821% no Exp. II, dependendo da linhagem que esteve presente nos vasos.

O pH do solo presente nos vasos em ambos os experimentos obteve uma resposta linear com relação ao aumento nos níveis de CEai, com decréscimos de 6,39% no Exp. I e 1,22% no Exp. II (Figura 22).

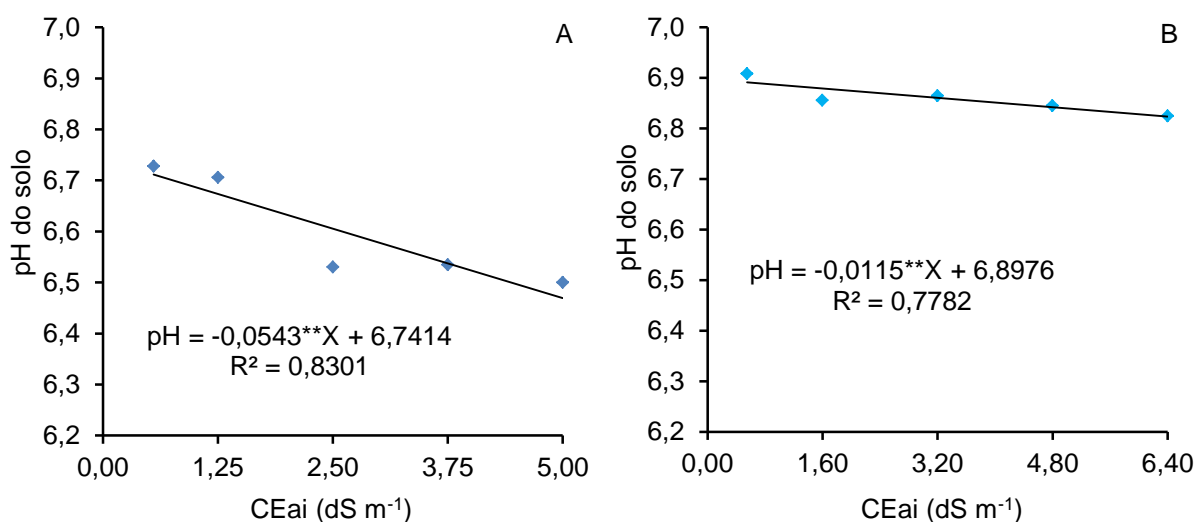


Figura 22. pH do solo dos vasos das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), para os experimentos I (Exp. I) e II (Exp. II) Teresina, PI, 2016.

Com o aumento nos níveis de CEai ocasionou comportamento oposto entre dois fatores do solo: $CE_{1:2,5}$, que aumentou proporcionalmente com a CEai, e $pH_{1:2,5}$, que reduziu, demonstrando que o pH é influenciado negativamente pelo aumento da condutividade elétrica do solo. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Pessoa (2009) que encontrou com aumento nos níveis de salinidade da água de irrigação de 0,2 a 2 dS m⁻¹ verificou uma redução de 2,30% no valor do pH do solo. Os valores de redução são inferiores aos obtidos nesse estudo, utilizando as

equações dos experimentos ao nível 2 dS m^{-1} de CEai, no Exp. I a redução do pH foi de 1,61%, enquanto, no Exp. II houve um decréscimo de 0,33%.

Em estudos com diferentes níveis de água salinizada na irrigação de um Neossolo Flúvico, Gonçalves et al. (2011) avaliando as alterações químicas observaram comportamento próximo ao desse estudo, com um ligeiro decréscimo dos valores de pH, já condutividade elétrica (CE_{1:2,5}) do extrato diluído do solo teve um aumento expressivo e linear com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai).

Para o parâmetro teor de sódio (Na) no solo houve interação entre os fatores, linhagens e níveis de CEai, no Exp. II, com base no comportamento do solo dos vasos das linhagens dentro das CEai constatou-se que apenas na CEai_{2 e 3} houve diferença entre o solo das linhagens, o solo da L1 apresentou os maiores teores de Na, levando em conta a interação entre o solo das linhagens com as CEai houve diferença significativa ($p < 0,05$) demonstrando um aumento de 180,51; 200,0 e 224,57% do teor de Na no solo das linhagens L1, L2 e L3, respectivamente (Tabela 34).

Tabela 34. Médias¹ para teor de sódio (Na) do solo dos vasos das três linhagens em função das cinco condutividades elétricas. Teresina, PI, 2016.

Linhagens ³	CEai ² (dS m^{-1}) Na Exp. II				
	CEai ₀	CEai ₁	CEai ₂	CEai ₃	CEai ₄
L1	0,195 aD	0,305 aC	0,465 aB	0,525 aAB	0,547 aA
L2	0,192 aD	0,321 aC	0,410 abB	0,461 bB	0,576 aA
L3	0,175 aD	0,302 aC	0,399 bB	0,513 abA	0,568 aA
	DMS _{linhas} =0,066			DMS _{colunas} =0,056	

¹ Médias com mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

² Condutividade elétrica, em dS m^{-1} : Exp. I (CEai₀= 0,55; CEai₁= 1,25; CEai₂= 2,50; CEai₃= 3,75; CEai₄= 5,00); Exp. II (CEai₀= 0,55; CEai₁= 1,60; CEai₂= 3,20; CEai₃= 4,80; CEai₄= 6,40).

³ L1: MNC05-828C-3-15; L2: MNC04-795F-168; L3: MNC04-795F-159

No Exp. I, não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre linhagens e CEai, o estudo do fator condutividade elétrica ajustou-se ao modelo de regressão quadrática. Como é possível observar na Figura 23 ocorre acréscimo no teor de Na com aumento da CEai, comparando CEai₀ com CEai₃ ocasionou incremento de 109,89% com mais 17,71% até o último nível, que demonstrando com isso que a parte mais expressiva foi observada até o quarto nível.

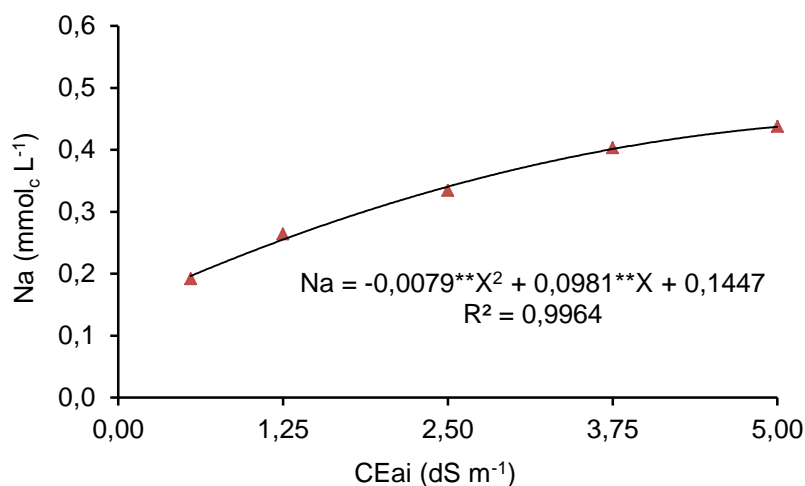


Figura 23. Teor de sódio (Na) no solo dos vasos, em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), para o Exp. I. Teresina, PI, 2016.

Tanto para a razão de adsorção de sódio (RAS) como para porcentagem de sódio trocável (PST) ocorreu acréscimo em ambos os experimentos, no Exp. I a regressão de modelo linear foi que melhor representou o comportamento da combinação entre as linhagens e os níveis de CEai, com acréscimo de 144,21% na RAS e 132,27% no PST quando comparado dentro do intervalo estudado (Figura 24A). No Exp. II o modelo de regressão melhor se ajustou foi quadrático, onde apresentou um acréscimos mais expressivos até o quarto nível com 183,05% para a RAS e 163,16% para a PST no intervalo completo 224,86% e 198,05% para a RAS e PST respectivamente, isto quando comparados CEai₀ e CEai₄ (Figura 24B).

Trabalhando com diferentes níveis de salinidade e doses de nitrogênio no cultivo de abobora, Silva et al. (2014), avaliando a Condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e a razão de adsorção de sódio (RAS) do extrato de saturação do solo, concluíram que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) ocasionou aumento proporcional da RAS e da CE do extrato de saturação do solo. Seu incremento Na CEai do solo foi de mais de 480% ao nível de 4,5 dS m^{-1} da CEai segundo o modelo de equação apresentado pelos autores, resultado esse que foi um tanto superior ao incremento médio do Exp. I que foi próximo a 400% no intervalo de estudo. Na RAS os autores obtiveram incremento de cerca de 80% um tanto abaixo do obtido no Exp. I que apresentou, dentro do intervalo estudado, incremento de aproximadamente 144%. Os resultados obtidos pelos autores tanto para CE com na RAS são inferiores aos obtidos no Exp. II do presente trabalho que

por ter níveis de CE_{ai} superiores obteve incrementos duas e/ou três vezes superiores a esses.

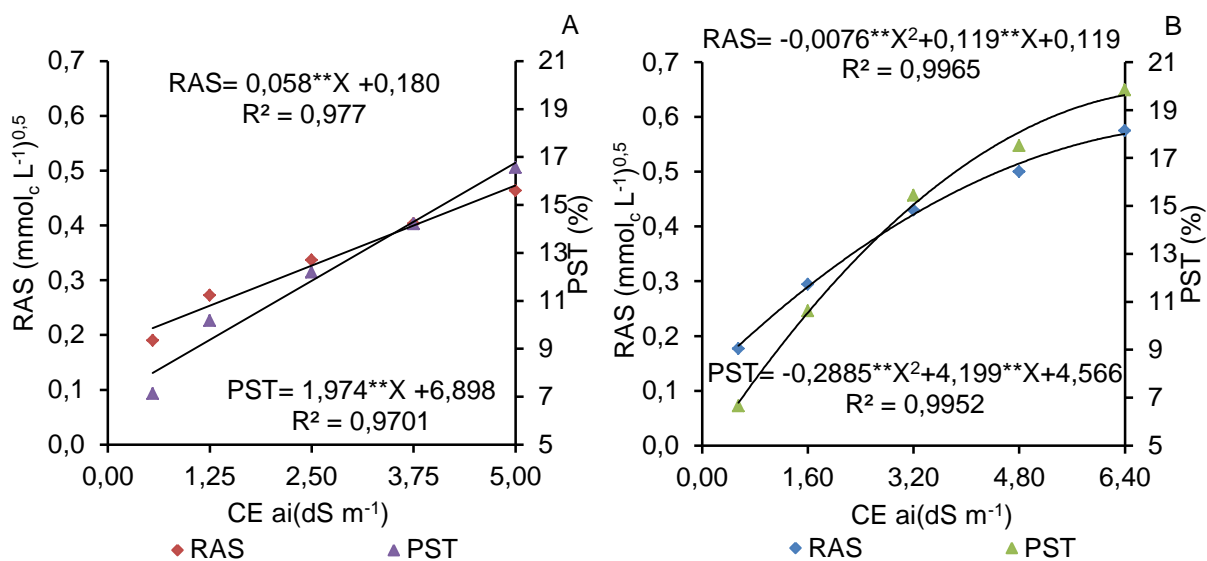


Figura 24. Razão de adsorção de sódio – RAS e porcentagem de sódio trocável – PST do solo dos vasos das três linhagens de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}), para os experimentos, Exp. I (A) e Exp. II (B). Teresina, PI, 2016.

A cultura do feijão-caupi é considerada sensível para porcentagem de sódio trocável, pois seu desempenho é desfavorecido em PST maior que 15% (AYERS; WESTCOT, 1991). No presente trabalho foi observado através da equação do modelo de regressão, que CE_{ai} superiores a 4,10 dS m⁻¹ para o Exp. I e superiores a 3,18 dS m⁻¹ no Exp. II, ocasionou essa condição de PST superiores a 15%, então fica demonstrando que para o uso de água salina se faz necessário a adoção de medidas de manejo adequados visando redução ou controle, caso não ocorra esse manejo, a intensificação desses processos de salinização e sodificação do solo será eminente (GONÇALVES et al., 2011).

Indo de acordo com o presente trabalho, Bezerra et al. (2010), trabalhando com diferentes salinidades de água de irrigação, rotacionando as culturas do feijão-caupi e milho obtiveram ao término do segundo ciclo do ano, nas avaliações químicas do solo também constataram aumento na condutividade elétrica e na PST do mesmo.

Holanda Filho et al. (2011), avaliando a influência de água salina nos atributos químicos do solo cultivado com mandioca, verificaram que nas variáveis teor de sódio (Na), razão de adsorção de sódio (RAS) e porcentagem de sódio trocável

(PST) do extrato de saturação do solo, apresentaram médias superiores nos tratamentos que receberam irrigação com água salina. Estes autores afirmam ainda que, isso é devido à grande concentração de sódio na água, o qual pode vir a propiciar maior possibilidade de problemas com sodicidade do solo. Concordando com este resultado, Barbosa et al. (2005) e Garcia et al. (2008) encontraram resultados semelhantes.

5. CONCLUSÕES

Diante das condições experimentais e de acordo com os resultados obtidos nos presentes estudos pode-se concluir que:

- O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação resultou em decréscimo do diâmetro do caule, número de folhas, número de nós no ramo principal, altura, área foliar, número de nódulos por raiz, biomassa seca da planta (MSPA, MSF, MSH, MSR e MST), índice relativo de clorofila aos 45 DAS, taxa de crescimento absoluto e $\text{pH}_{1:2,5}$ do solo.
- A relação parte aérea/raiz e folha/raiz, como acúmulo de sais no solo apresentaram incrementos com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.
- A Linhagem 1 (MNC05-828C-3-15) apresenta desempenho superior às demais linhagens para as variáveis DC, IRC, AF, MSPA, MSF, MSH, MSR, MST, TCA, TCR, RPAR, RPF.
- A Linhagem 3 (MNC04-795F-159) apresenta maior tolerância aos sais da água e do solo, absorvendo menos os mesmos.
- O nível controle da condutividade elétrica da água de irrigação ($0,55 \text{ dS m}^{-1}$) apresentou melhor desempenho para as características morfológicas, área foliar, biomassa seca da planta e taxa de crescimento absoluto.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação ao crescimento vegetativo, as linhagens promissoras de feijão-caupi apresentaram um comportamento bastante semelhante entre elas, possivelmente, por serem linhagens em fase final do melhoramento, prestes a lançamento no mercado, e já apresentarem seleção para características de produção e tendem a ter um comportamento semelhante quando submetidas a condição de salinidade.

Em ambos os experimentos do presente trabalho foi possível observar a influencia do acúmulo de sais no solo nas respostas morfofisiológicas das linhagens de feijão-caupi, mostrando que o uso da água salina afeta de forma drástica o crescimento das plantas e pode levar a problemas maiores no próprio solo. Diante disso fica claro que o uso deste tipo de água por mais de um ciclo pode afetar de forma intensa o solo levando-o facilmente a condição de salino e sódico.

Salienta-se que diante da condição de salinidade de solo e água no semiárido do Nordeste ser bastante presente e nesta região existe a maior produção de feijão-caupi no Brasil, recomenda-se a introdução nas locais de avaliação dos VCU's regiões de solo salino para que se possam selecionar inicialmente linhagens tolerantes ao estresse salino.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. R. **Crescimento e pigmentos fotossintéticos de genótipos de feijão-caupi submetidos à irrigação com água salina**. 2013. 57f. Dissertação. (Mestrado em engenharia agrícola). Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, 2013.
- ANDRADE, J. R.; MAIA JUNIOR, S. O.; SILVA, P. F.; BARBOSA, J. W. S.; NASCIMENTO, R.; SOUSA, J. S. Crescimento inicial de genótipos de feijão-caupi submetidos a diferentes níveis de água salina. **Agropecuária científica no semiárido**, Patos, PB, v. 9, n. 4, p. 38- 43, 2013.
- ANDRADE, J. R.; NASCIMENTO, R.; ALENCAR, A. E. V.; BARBOSA, J. W. D. S.; SILVA, R. F. B. Índice spad em feijão-caupi inoculado com rizóbio e submetidos a diferentes níveis de salinidade. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, RN, v. 7, n. 3, p. 14-16, 2012.
- ARMAS, C.; PADILLA, F. M.; PUGNAIRE, F. I.; JACKSON, R. B. Hydraulic lift and tolerance to salinity of semiarid species: consequences for species interactions. **Oecologia**, v. 162, n. 1, p. 11-21, 2010.
- ASHRAF M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n. 1, p. 3-16, 2004.
- ASSISTAT, Versão 7.7 beta (2015). Desenvolvido por Francisco de A. S. e Silva - UFCG-Brasil. Disponível em: < <http://www.assistat.com> > Acesso em: 01/04/2015
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29). 218p. 1991.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, (Estudos FAO, irrigação e Drenagem 29, revisado 1). 2.ed. 153p, 1999.
- AZEVEDO NETO, A. D. Estresse salino, estresse oxidativo e tolerância cruzada em plantas de milho. In: **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. NOGUEIRA, R. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G. et al. (Eds.) Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 500p. 2005.
- BARBOSA, S. C. S.; BASTOS, A. L.; REIS, L. S.; COSTA, J. R. M.; COSTA, J. P. V.; CALHEIROS, C. B. M. Crescimento e absorção de nutrientes em bananeira irrigada com água salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.9, p. 343-346, 2005.

BARROSO, A. A. F.; GOMES, G. E.; LIMA, A. E. O.; PALÁCIO, H. A. Q.; LIMA, C. A. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 15, n. 6, p. 588-593, 2011.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Boletim Agrometeorológico do ano de 2013 para o município de Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 228), 39p. 2014.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 41p. 1988.

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FILHO, F. R. F.; RIBEIRO, V. Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, PB, v. 8, n. 1, p. 85-93, 2008.

BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão-caupi/milho utilizando-se água de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 5, p. 1075-1082, 2010.

BRASIL, Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, **Nova delimitação do Semiárido brasileiro**. 2005. Disponível em: < http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=0aa2b9b5-aa4d-4b55-a6e1-82faf0762763&groupId=24915> Acesso em: janeiro de 2016.

BRASIL, Portaria nº 527, 30 de dezembro de 1997. Diário Oficial da República Federativa do Brasil Brasília, **Registro Nacional de Cultivares – RNC**. 1997. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registro/registro-nacional-cultivares/legislacao-rnc>> Acesso em: setembro de 2015.

BRITO, K. Q. D.; NASCIMENTO, R.; SANTOS, J. E. A.; SOUZA, F. G.; SILVA, I. A. C. Crescimento de genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, RN, v. 10, n. 5, p. 16-22, 2015.

BRITO, L. C. R. **Comportamento de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado em resposta à diferentes densidades de plantas**. 2014. 90f. Dissertação. (Mestrado em agronomia – Produção vegetal). Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, 2014.

CALVET, A. S. F.; PINTO, C. M.; LIMA, R. E. M.; MAIA-JOCA, R. P. M.; BEZERRA, M. A. Crescimento e acumulação de solutos em feijão-de-corda irrigado com água

de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento. **Irriga**, Botucatu, SP, v. 18, n. 1, p. 148-159, 2013.

CARVALHO, J.F.; TSIMPHO, C. J.; SILVA, E. D. F.; MEDEIROS, P. D.; SANTOS, M. H. V.; SANTOS, A. D. Produção e biometria do milho verde irrigado com água salina sob frações de lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 16, n. 4, p. 368-374, 2012.

COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F. C.; BEZERRA NETO, E.; CORREA, M. M. Comportamento hídrico e crescimento do feijão vigna cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.17, n. 4, p. 379-385, 2013.

COELHO, J. B.; BARROS, M. D. F.; BEZERRA NETO, E.; SOUZA, E. D. Ponto de murcha permanente fisiológico e potencial osmótico de feijão-caupi cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 18, n. 7, p. 708-713, 2014.

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**, São Paulo, SP, v. 26, n. 3, p. 289-297, 2003.

DANTAS, J. P.; MARINHO, F. J. L.; FERREIRA, M. M. M.; AMORIM, M.S.N.; ANDRADE, I. O.; SALES, A. L. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.6, n.3, p. 425-430, 2002.

DIAS, C. C. **Paiuhy**: das origens a nova capital. Teresina: Nova Expressão Gráfica e Editora Ltda, p. 324-333, 2008.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. **Manejo da salinidade na agricultura**: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, v. 1, p. 129-141, 2010.

EMBRAPA, **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes** / editor técnico, SILVA, F. C. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 370p. 1999

EMBRAPA, **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes** / editor técnico, SILVA, F. C. - 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 627p. 2009

FEITOSA, S. O.; SILVA, S. L.; FEITOSA, H. O.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, E. O. Crescimento do feijão-caupi irrigado com efluente tratado e água salina sob

diferentes concentrações. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, PB, v. 36, n. 1, p. 146-155, 2015.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília - DF: IITA: EMBRAPA, p. 26-46. 1988.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 519p. 2005a.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. A. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília - DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina Embrapa Meio-Norte, p. 29-92. 2005b.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. D. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, v. 1, 84p. 2011.

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

FURTADO, G. F.; SOARES, L. A. A.; SOUSA, J. R. M.; ANDRADE, E. M. G.; GUERRA, H. O. C. Alterações fisiológicas em feijão-caupi irrigado com água salina e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Grupo Verde de Agricultura Alternativa, Mossoró, RN, v. 8, n. 3, p. 175-181, 2013.

GARCIA, G.O.; MARTINS FILHO, S.; REIS, E.F.; MORAES, W.B.; NAZÁRIO, A. A. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v.39, n.1, p. 7-18, 2008.

GOMES, K. R.; AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; FILHO, F. L.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetidos a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n. 4, p. 365-370, 2011.

GONÇALVES, I. V. C.; FREIRE, M. B. G. S.; SOUZA, E. R.; FREIRE, F. J. Alterações químicas de um neossolo flúvico irrigado com água salinas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 42, n. 3, p. 589-596, 2011.

GONELA, A.; RODRIGUES, T. J. D.; PARTENIANI, M. L. S.; LEMOS, E. G. M. Tolerância salina em quatro variedades botânicas de *Stylosanthes guianensis*. **Científica**, Jaboticabal, SP, v.34, p. 99-106, 2006.

GRACIANO, E. S. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LIMA, D. R.; PACHECO, C. M.; SANTOS, R. C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, p. 794–800, 2011.

HOLANDA FILHO, R. S.F.; SANTOS, D. B.; AZEVEDO, C. A.; COELHO, E. F.; LIMA, V. L. Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioqueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 15, n. 1, p. 60-66, 2011.

LACERDA, C. F.; ASSIS JÚNIOR, J. O.; LEMOS FILHO, L. C.; OLIVEIRA, T. S. D.; GUIMARÃES, F. V.; GOMES-FILHO, E.; PRISCO, J. T.; BEZERRA M. A. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, PR, v. 18, n. 4, p. 455-465, 2006.

LACERDA, C. F.; NEVES, A. L.; GUIMARÃES, F. V.; SILVA, F. D.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 29, n. 2, p. 221-230, 2009.

LI-COR. **LI 3100 area meter instruction manual**. Lincoln: LICOR, 1996. 34p.

LIMA, A. L.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, R. C.; LINHARES, P. S. F.; MEDEIROS, A. M. A; BEZERRA, F. M. S. Tolerância da berinjela à água de irrigação. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, RR, v.9, p. 27-34, 2015.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. D. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B. Resposta do feijão-caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, Mossoró, RN, v. 2, n. 2, p. 79–86, 2007.

LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LAURIANE, A. D. A.; LOURENÇO, G. D. S.; SILVA, S. S. Aspectos de crescimento e produção da mamoneira irrigada com água salinas e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 18, n. 6, p. 615-622, 2014.

LUTTS, S.; KINET, J. M.; BOUHARMONT, J. Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. **Plant Growth Regulation**, Holanda, v. 19, n. 3, p. 207-218, 1996.

MARQUES, R. P.; FREIRE, C. S.; NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, J. M. C. Relações hídricas e produção de pigmentos fotossintéticos em mudas de Eugenia uniflora L. sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Geografia Física**, UFPE, Recife, PE, v.4, n. 3 p. 497-509, 2011.

MEDEIROS, R.; SANTOS, V.; ARAÚJO, A.; OLIVEIRA FILHO, C. Estresse salino sobre a nodulação em feijão-caupi. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v. 21, n. 5, p. 202-206, 2008.

MENDONÇA, A. V. R.; ARAÚJO CARNEIRO, J. G.; FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G. Características fisiológicas de mudas de Eucalyptus spp submetidas a estresse salino. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 255-267, 2010.

MESQUITA, F. D. O.; REBEQUI, A. M.; CAVALCANTE, L. F.; SOUTO, A. G. D. L. Crescimento absoluto e relativo de mudas de maracujazeiro sob biofertilizante e água salinas. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 35, n. 1, p. 222-239, 2012.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell and Environment**, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.

NASCIMENTO, I. B.; MEDEIROS, J. F. D.; ALVES, S. S. V.; LIMA, B. L. D. C.; SILVA, J. L. D. A. Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, PB, v. 11, n. 1, p. 37-43, 2015.

NASCIMENTO, R.; ANDRADE, J. R.; MAIA JÚNIOR, S. O.; BARBOSA, J. W. S.; ALENCAR, A. E. V.; SOUSA, J. S. Crescimento de genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, PB, v. 9, n. 4, p. 41-45, 2013.

NASCIMENTO, R.; NASCIMENTO, D. A.; DA SILVA, D. A.; ALVES, A. G. Índice SPAD e partição de biomassa em plantas de feijão-caupi submetidas ao estresse salino. **Revista Educação Agrícola Superior**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. 128-132, 2012.

NEVES, A. L. R., GUIMARÃES, F. V. A.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B. Tamanho e composição mineral de sementes de feijão-de-corda irrigado com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 39, n. 4, p. 569-574, 2008.

NEVES, A. L.; LACERDA, C. D.; GUIMARÃES, F. V.; GOMES FILHO, E.; FEITOSA, D. R. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão-de-corda irrigado com água

salina em diferentes estádios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 13, p. 873-881, 2009.

OLIVEIRA, F. A.; GUEDES, R. A.; GOMES, L. P.; BEZERRA, F. M.; LIMA, L. A.; DE OLIVEIRA, M. K. Interação entre salinidade e bioestimulante no crescimento inicial de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 19, n. 3, p. 204-210, 2015.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K.; SOUZA, A. A.; FERREIRA, J. A.; SOUZA, M. S. Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 17, n. 5, p. 465-471, 2013.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T. D.; LIMA, L. A., BEZERRA, F. M. S.; CAVALCANTE, A. L. G. Desenvolvimento inicial do maxixeiro irrigado com água de diferentes salinidades. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, PB, v. 8, n. 2, p. 22-28, 2012.

PALÁCIO, H. A. Q.; NETO, J. A. C.; TEIXEIRA, A. S.; ANDRADE, E. M. Caracterização da potencialidade de uso das água subterrâneas no vale do Trussu-CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v.35, p. 316–324, 2009.

PASTERNAK, D.; DE MALACH, Y. Irrigation with brackish water under desert conditions X. Irrigation management of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mills) on desert sand dunes. **Agricultural water management**, v. 28, n. 2, p. 121-132, 1995.

PESSOA, L. G. M. **Desenvolvimento de cebola e atributos químicos de dois neossolos flúvicos irrigados com água salinas**. 2009. 86f. Dissertação. (Mestrado em agronomia - Ciências do solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, 2009.

PIAUI, **Caracterização do semiárido piauiense**, Portaria interministerial Nº 01 de 09 de março de 2005. Disponível em: <http://www.semiarido.pi.gov.br/conheca_mais.php> Acesso em: setembro de 2015.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de espécies autógamias**. Lavras: UFLA, p. 522, 2012.

SALVADOR, C. A. Feijão: Análise da Conjuntura Agropecuária. **DERAL Departamento da Economia Rural, SEAB**, 18p. 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/feijao_2012_13.pdf> Acesso em: setembro de 2015.

SANTOS, C. V. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. **Scientia Horticulturae**, v.103, n.1, p. 93-99, 2004.

SANTOS, D. B.; FERREIRA, P. A.; OLIVEIRA, F. G.; BATISTA, R. O.; COSTA, A. C.; CANO, M. A. O. Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. **Idesia**, Arica, Chile, v. 30, n. 2, p. 69-74, 2012.

SARMENTO, D. H. A.; **Produção e evapotranspiração do girassol submetidos a diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água**. 2011. 61f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2011.

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PIAUILINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, p. 1563-1578, 2012.

SILVA, F. E. O.; MARACAJÁ, P. B.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Desenvolvimento vegetativo de feijão-caupi irrigado com água salina em casa de vegetação. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v.22, n. 3, p. 156-159, 2009.

SILVA, F. L.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda1. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 15, n. 4, p. 383-389, 2011.

SILVA, J. L. A.; ALVES, S. S. V.; NASCIMENTO, I. B. D.; SILVA, M. V. T. D.; MEDEIROS, J. F. D. Evolução da salinidade em solos representativos do agropólo Mossoró-assu cultivado com meloeiro com água de diferentes salinidades. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, PB, v. 7, n. 4, p. 26-31, 2011.

SILVA, M. V. T.; LIMA, R. M.S; OLIVEIRA, F. L.; CHAVES, S. W. P.; MEDEIROS, J. F. CE e RAS do extrato de saturação do solo sob diferentes níveis de salinidade e doses de nitrogênio no cultivo da abobora. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 9, n. 2, p. 277-284, 2014.

SILVA, O. F. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - IBGE (1985-2014)**, elaborado na Embrapa Arroz e Feijão Home Page, Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm> >. Acesso em: 12/01/2016

SILVEIRA, J. A.G.; SILVA, S. L.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A.; Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**, Fortaleza: INCTSal, v. 1, p. 161-18, 2010.

SINGH, B. B. Recent progress in cowpea genetics and breeding. In: **I International Conference on Indigenous Vegetables and Legumes**. Prospectus for Fighting Poverty, Hunger and Malnutrition, n. 752, p. 69-76. 2006.

SOUSA, C. H. C.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, F. M. L.; GOMES FILHO, E.; GHEYI, H. R.; SOUSA, A. E. C.; SOUSA, G. G. Respostas morfofisiológicas de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão sob estresse salino. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, PB, v. 31, n. 2, p. 29-36, 2010.

SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; LACERDA, C. F.; AZEVEDO, B. M.; SILVA, G. L.; COSTA, F. R. B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, RR, v. 8, n. 3, p. 359-367, 2014.

SOUSA, R. A.; LACERDA, C. F.; AMARO FILHO, J.; HERNANDEZ, F. F. Crescimento e nutrição mineral de feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária) Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, Recife, PE, v. 2, n. 1, p. 75-82, 2007.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, London, v. 91, n. 5, p. 503-527, 2003.

THORNTON, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Publications in Climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

VIANA, S. B. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A.; CARNEIRO, P. T. Índices morfofisiológicos e de produção de alface sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 8, n. 1, p. 23-30, 2004.

VIEIRA, I. G.; NOBRE, R. G.; DIAS, A. S.; PINHEIRO, F. W. Cultivation of cherry tomato under irrigation with saline water and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 20, n. 1, p. 55-61, 2016.

WANDER, A. E. **Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005**. Informações Econômicas, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 7-21, 2007.

WANG, D. POSS, J. A.; DONOVAN, T. J.; SHANNON, M. C.; LESCH, S. M. Biophysical properties and biomass production of elephant Grass under saline conditions. **Journal of Arid Environment**, v. 52, n. 4, p. 447-456, 2002.

WILLADINO, L.; OLIVEIRA FILHO, R.A.; SILVA JUNIOR, E.A.; GOUVEIA NETO, A.; CAMARA, T.R. Estresse salino em duas variedades de cana-de-açúcar: enzimas do

sistema antioxidativo e fluorescência da clorofila. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 42, n. 2, p. 417-422, 2011.

XAVIER, D. A.; FURTADO, G. F.; SOUSA JÚNIOR, J. R.; SOUSA, J. R. M.; SOARES, L. A. A. Irrigação com água salina e adubação com nitrogênio no cultivo do feijão-caupi. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 9, n. 3, p. 131-136, 2014.