



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/PRODUÇÃO VEGETAL
Campus da Socopo S/N-Teresina – PIAUÍ – CEP:64.049-550-Tele/Fax:86 3215-5753
Home page: www.ufpi.br/ppga - E-mail: ppga@ufpi.edu.br

RAPHAEL LIRA ARAÚJO

**ESTRESSE HÍDRICO E SALINO SOBRE CARACTERÍSTICAS
MORFOFISIOLÓGICAS DO FEIJÃO-CAUPI**

TERESINA

2015

RAPHAEL LIRA ARAÚJO

**ESTRESSE HÍDRICO E SALINO SOBRE CARACTERÍSTICAS
MORFOFISIOLÓGICAS DO FEIJÃO-CAUPI**

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

2015

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

A663e Araújo,Raphael Lira

Estresse hídrico e salino sobre características
morfofisiológicas do feijão-caupi / Raphael Lira Araújo - 2015.
84 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal
do Piauí,Teresina, 2015.

Orientação: Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra

1 . *Vigna unguiculata* 2. Déficit hídrico 3. Salinidade I.Título

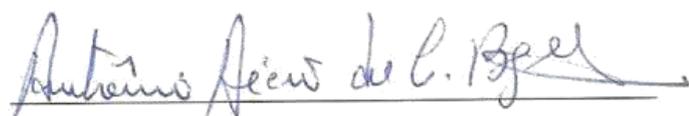
CDD 635.659 2

**ESTRESSE HÍDRICO E SALINO SOBRE CARACTERÍSTICAS
MORFOFISIOLÓGICAS DO FEIJÃO-CAUPI**

Raphael Lira Araújo
Engenharia Agrônômica

Aprovado em 28,08,2015

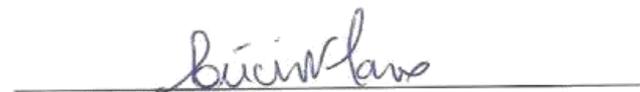
Comissão Julgadora:



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



Prof. Dr. Carlos José Gonçalves de Souza Lima – Membro Interno
DEAS/CCA/UFPI



Dr. Lúcio Flavo Lopes Vasconcelos – Membro Externo
CPAMN



Profa. Dra. Simone Raquel Mendes de Oliveira
CTT/CCA/UFPI

“O Deus meu senhor, que és”.

Meu pai,

Meu guia

Em quem acredito, e agradeço todos os dias...

Em quem entrego minha vida...

Em quem tenho fé e dedico todas minhas vitórias...

E derrotas... Pois com elas pude aprender a ser digno

De seu amor..., perdão...

Obrigado por mais esta etapa e que possa seguir sempre

“Em seu caminho de luz e na santa paz.”

DEDICO

AGRADECIMENTOS

O Deus, pela presença constante e pela força nos momentos mais difíceis;
A Universidade Federal do Piauí pela oportunidade de realizar este curso de Pós-graduação;
À Embrapa Meio-Norte, em especial ao Pesquisador Dr. Lúcio Flavo Lopes Vasconcelos, pela colaboração na realização deste trabalho;
Ao Professor Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra, pela orientação;
Aos professores do Curso de Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal;
Aos meus pais, Adalto Pereira de Araújo e Francisca Maria Lira Araújo, pela educação e valores transmitidos durante toda minha vida;
Aos meus irmãos, Ricardo, Amanda, Valdeany, Valdek e Vanessa, pelo companheirismo e carinho nesta caminhada;
A toda minha família: meus avós maternos e paternos (in memoriam), tios (as), primos (as) pela amizade, presença e força e por acreditarem em mim sempre.
Aos meus amigos Lígia, Lina Vera, Raniere, Josué, Carmem, Alexandra, Maurino, Renato, Liana, Pádua, Celina, Geovane, Samara, Audiana, Cleane, Raphael Veras, Cláudio Marcos, Denise, Karise, Késsia, Jerlany, Liliane, Sâmia, Veraneide, Nádia, João Ricardo, Daniel, Renato, Nayara, Rodrigo, Keyla, Mirya, João Pedro, Toinha, Daniel e Diego no apoio, amizade e na execução deste trabalho e a todos aqueles que de uma forma ou outra me apoiaram e acreditaram em mim.
Às amigas conquistadas ao longo desta caminhada.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
LEGENDA	13
RESUMO	14
ABSTRACT	15
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Aspectos gerais do feijão-caupi.....	18
2.2 Importância socioeconômica do feijão-caupi.....	19
2.3 Resistência e cultivares do feijão-caupi.....	21
2.4 BRS Guariba	23
2.5 BRS Xiquexique	24
2.6 Efeitos do estresse hídrico nos caracteres morfofisiológicos da planta de feijão-caupi.....	24
2.7 Efeitos do estresse salino nos caracteres morfofisiológicos da planta de feijão-caupi	28
2.8 Análises de crescimento.....	30
3 MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 Caracterização da área experimental.....	33
3.2 Procedimentos experimentais	33
3.3 Plantio	35
3.4 Tratamentos	35
3.5 Variáveis analisadas	38
3.5.1 Experimento I	38
3.5.2 Experimento II	39
3.6 Análises estatísticas.....	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1 Experimento I	42
4.1.1 Comprimento do ramo principal (CRP).....	42
4.1.2 Diâmetro do caule (DC).....	45
4.1.3 Números de folhas trifoliadas (NFT).....	47

4.1.4 Teores de clorofila (TC).....	50
4.2 Experimento II	53
4.2.1 Matéria seca das folhas (MSF) e Matéria seca das plantas (MSP)	53
4.2.2 Área foliar (AF)	57
4.2.3 Área foliar específica (AFE).....	58
4.2.4 Razão de área foliar (RAF).....	60
4.2.5 Relações Folha e Raiz (RFR) e Relação parte aérea e raiz (RPAR)	61
4.2.6 Taxa de assimilação líquida (TAL), Taxa de crescimento absoluto (TCA) e Taxa de crescimento relativo (TCR).....	62
5. CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Detalhe da área experimental	34
Figura 2. Detalhe da semeadura	35
Figura 3. Detalhe das parcelas (uma planta por vaso)	36
Figura 4. Condutivímetro	36
Figura 5. Curva de salinidade em (dS m^{-1}) de diferentes doses de NaCl.....	37
Figura 6. ClorofiLOG (medidor de clorofila).....	39
Figura 7. LI-3000 (integrador de área foliar).....	39
Figura 8. Comprimento do ramo principal (CRP) aos 35 DAS de duas cultivares de feijão-caupi em relação aos cinco níveis de estresse hídrico. Teresina, PI, 2015.	45
Figura 9. Diâmetro do caule (DC) aos 35 DAS de duas cultivares de feijão-caupi em relação aos cinco níveis de estresse hídrico. Teresina, PI, 2015.....	46
Figura 10. Número de folhas (NFT) aos 35 DAS de duas cultivares de feijão-caupi em relação aos cinco níveis de estresse hídrico. Teresina, PI, 2014.....	49
Figura 11. Variação no teor de clorofila (TC) aos 35 DAS de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de estresse hídrico. Teresina, PI, 2014....	52
Figura 12. Variação na matéria seca das folhas (MSF) e matéria seca da planta (MSP) aos 30 DAS para os níveis do fator estresse hídrico (EH) de duas cultivares de feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.....	56
Figura 13. Variação na área foliar (AF) em (cm^2) aos 30 DAS para os níveis do fator estresse hídrico de duas cultivares de feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.....	58
Figura 14. Variação na TCA (g dia^{-1}) e TCR ($\text{g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$) para os níveis do fator estresse hídrico de duas cultivares de feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química do solo, na camada de 0-0,2 m. Teresina-PI, 2015	34
Tabela 2. Caracterização das cultivares, Teresina-PI, 2015.....	34
Tabela 3. Resumo da análise de variância aos 21 e 35 DAS para os parâmetros CRP, DC, de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a dois níveis de estresse salino e cinco níveis de estresse hídrico. Teresina, PI, 2014.....	42
Tabela 4. Médias para o comprimento do ramo principal (CRP), em cm, aos 35 DAS, para a interação cultivar e estresse salino (C x ES). Teresina, PI, 2014.	43
Tabela 5. Médias para o comprimento do ramo principal (CRP), em cm, aos 21 e 35 DAS, para a interação cultivar e estresse hídrico (C x EH). Teresina, PI, 2014.	44
Tabela 6. Médias para o comprimento do ramo principal (CRP) em (cm) aos 21 e 35 DAS da interação estresse salino e estresse hídrico (ES x EH). Teresina, PI, 2014.	44
Tabela 7. Médias para o diâmetro do caule (DC) em (cm) aos 21 DAS do fator cultivar (C). Teresina, PI, 2014.....	46
Tabela 8. Resumo da análise de variância aos 21 e 35 DAS para os parâmetros NFT e TC de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a dois níveis de estresse salino e cinco níveis de estresse hídrico. Teresina, PI, 2015.....	47
Tabela 9. Médias para o numero de folhas (NFT) aos 21 DAS do fator estresse salino (ES). Teresina, PI, 2014.....	48
Tabela 10. Médias para o número de folhas trifoliadas (NFT), aos 21 DAS, para a interação cultivar e estresse hídrico (C x EH). Teresina, PI, 2014.	48
Tabela 11. Médias para o número de folhas trifoliadas (NFT) aos 35 DAS do fator cultivar (C). Teresina, PI, 2014.....	48
Tabela 12. Médias para o numero de folhas (NFT) aos 35 DAS da interação estresse salino e estresse hídrico (ES x EH). Teresina, PI, 2014.	49
Tabela 13. Médias para o teor de clorofila (TC) aos 21 DAS do fator cultivar (C). Teresina, PI, 2014.....	50

Tabela 14. Médias para o teor de clorofila (TC) aos 35 DAS da interação cultivar e estresse salino (C x ES). Teresina, PI, 2014.....	50
Tabela 15. Médias para o teor de clorofila (TC) aos 35 DAS da interação cultivar e estresse hídrico (C x EH). Teresina, PI, 2014.	51
Tabela 16. Médias para o teor de clorofila (TC) aos 35 DAS da interação estresse salino e estresse hídrico (ES x EH). Teresina, PI, 2014.....	52
Tabela 17. Resumo da análise de variância para matéria seca das folhas (MSF) e matéria seca das plantas (MSP) em (g) aos 30 DAS de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco níveis de estresse hídrico e dois níveis de estresse salino. Teresina, PI, 2015.....	53
Tabela 18. Médias para o peso de matéria seca da folha (MSF) e matéria seca das plantas (MSP) em (g) aos 30 DAS do fator cultivar (C) em feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.	54
Tabela 19. Médias para o peso de matéria seca da folha (MSF) e matéria seca da planta (MSP) em (g) aos 30 DAS da interação estresse salino e estresse hídrico (ES x EH). Teresina, PI, 2015.	55
Tabela 20. Resumo da análise de variância para área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) aos 30 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco níveis de estresse hídrico e dois níveis de estresse salino. Teresina, PI, 2015	56
Tabela 21. Médias para área foliar (AF) em (cm ²) aos 30 DAS do fator cultivar (C) e do fator estresse salino (ES). Teresina, PI, 2015	57
Tabela 22. Médias para área foliar específica (AFE) em (cm ² g ⁻¹) aos 30 DAS da interação cultivar e estresse salino (C x ES) em feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.....	59
Tabela 23. Médias para área foliar específica (AFE) em (cm ² g ⁻¹) aos 30 DAS da interação cultivar e estresse salino e estresse hídrico (C x ES x EH) em feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.	59
Tabela 24. Médias para razão de área foliar (RAF) em (cm ² g ⁻¹) aos 30 DAS do fator cultivar (C) e do fator estresse salino (ES). Teresina, PI, 2015.....	60
Tabela 25. Resumo das análises de variância para RFR e RPAR aos 30 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco níveis de estresse hídrico e dois níveis de estresse salino. Teresina, PI, 2015.	61

Tabela 26. Médias para relação folha / raiz (RFR) e relação parte aérea / raiz em (g g ⁻¹) aos 30 DAS do fator estresse salino (ES) em feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.	62
Tabela 27. Resumo das análises de variância para TAL, TCA e TCR, de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco níveis de estresse hídrico e dois níveis de estresse salino. Teresina, PI, 2015.	62
Tabela 28. Médias para TAL, TCA e TCR para o fator cultivar (C) em feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.	63
Tabela 29. Médias para TAL, TCA e TCR para o fator estresse salino (ES) em feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.	63

LEGENDA

DAE – Dias após emergência

CC– Capacidade de Campo

ETc – Evapotranspiração da cultura

C – Cultivar

ES – Estresse salino

EH – Estresse Hídrico

CRP – Comprimento do ramo principal

DC – Diâmetro do caule

NFT – Número de folhas trifoliadas

TC – Teor de clorofila

MSF – Matéria seca das folhas

MSP – Matéria seca das plantas

AF – Área foliar

AFE – Área foliar específica

RAF – Razão de área foliar

TAL – Taxa de assimilação líquida

TCA – Taxa de crescimento absoluto

TCR – Taxa de crescimento relativo

RFR – Relação folha e raiz

RPAR – Relação parte aérea e raiz

RESUMO

Objetivando avaliar os efeitos do estresse salino e hídrico sobre características morfofisiológicas na cultura do feijão-caupi, foi realizado dois experimentos em casa de vegetação no Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias – CCA, da UFPI, no município de Teresina-PI. Foram utilizados duas cultivares de feijão-caupi (BRS Guariba e BRS Xiquexique) submetidas a dois níveis de estresse salino: com NaCl: 2,5 g/L em solução de NaCl = 5,29 dS m⁻¹ e sem NaCl; e cinco níveis de estresse hídrico (60%, 70%, 80%, 90% e 100% da ETc) cultivados em vasos de polietileno. A lâmina de irrigação foi calculada diariamente em função dos níveis de estresse hídrico pela ETc diária e fornecida a cada tratamento, em dois turnos (manhã 60% e tarde 40%). Foram utilizados vinte tratamentos com seis repetições, totalizando 120 parcelas. Foram realizados dois experimentos: avaliando aos 21 e aos 35 DAS os caracteres de: comprimento do ramo principal (CRP); diâmetro do caule (DC); número de folhas trifoliadas (NFT); teor de clorofila (TC); e outro avaliando os caracteres aos 30 DAS: matéria seca da folha (MSF); matéria seca das plantas (MSP); área foliar (AF); área foliar específica (AFE); razão área foliar (RAF); relação folha e raiz (RFR) e relação parte aérea e raiz (RPAR); e avaliação das taxas de crescimento: taxa de assimilação líquida (TAL); taxa de crescimento absoluto (TCA); taxa de crescimento relativo (TCR). Conclui-se que o EH e ES influenciaram as variáveis morfológicas avaliadas, reduzindo o: CRP, DC e NFT nas duas cultivares avaliadas de feijão-caupi. O TC da BRS Guariba foi superior ao da BRS Xiquexique quando submetidas aos níveis de ES e EH. Ambas as cultivares apresentaram diferenças na MSF e MSP quando submetidas aos níveis de ES. A BRS Xiquexique apresentou maiores médias de AF em relação a BRS Guariba quando submetida aos níveis de ES e EH. Apenas a BRS Xiquexique apresentou diferenças para AFE entre os níveis com e sem NaCl. A BRS Guariba foi superior em relação à BRS Xiquexique na RAF quando submetido aos níveis de ES e EH. Houve um efeito do NaCl nas relações RFR e RPAR de ambas as cultivares. O NaCl influenciou negativamente nas taxas de crescimento TAL, TCR e TCA quando comparados com as que não tiveram a presença do NaCl. Apenas a TCA e TCR tiveram influência dos níveis de EH.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; Déficit hídrico; Salinidade.

ABSTRACT

To evaluate the effects of salt and water stress on morphological and physiological characteristics in cowpea culture was conducted two experiments in a greenhouse at the Department of Plant Science, the Centre for Agricultural Sciences - CCA, the UFPI in the city of Teresina-PI. They used two cowpea cultivars (BRS Guariba and BRS Xiquexique) submitted to two levels of salt stress: NaCl: 2.5 g / L NaCl solution = 5.29 dS m⁻¹, and without NaCl; and five levels of water stress (60%, 70%, 80%, 90% and 100% of Etc) cultivated in polyethylene pots. The water depth was calculated daily on the basis of water stress levels by daily ETc and provided to each treatment in two shifts (morning and afternoon 60% 40%). Twenty treatments with six repetitions, totaling 120 plots were used. Two experiments were conducted: evaluating the 21 and 35 DAS of the characters: the main branch length (CRP); stem diameter (DC); number of trifoliolate leaves (NFT); chlorophyll content (TC); and another evaluating the character at 30 DAS: dry matter leaf (MSF); plant dry matter (MSP); leaf area (LA); specific leaf area (SLA); leaf area ratio (LAR); leaf and root ratio (RFR) and relative shoot and root ratio (SRR); and evaluation of growth rates: net assimilation rate (NAR); absolute growth rate (AGR); relative growth rate (RGR). We conclude that the EH and ES influenced the evaluated morphological variables, reducing: CRP, DC and NFT in the two cultivars of cowpea. The CT BRS Guariba was higher than the BRS Xiquexique when subjected to ES and EH levels. Both cultivars showed differences in the MSF and MSP when subjected to the ES levels. The BRS Xiquexique had higher averages of AF in relation to BRS Guariba when subjected to ES and EH levels. Just BRS Xiquexique presented to AFE differences between the levels with and without NaCl. The BRS Guariba was higher compared to BRS Xiquexique in the RAF when subjected to ES and EH levels. There was an effect of NaCl in RFR relations and SRR both cultivars. The NaCl had a negative influence on growth rates TAL, TCR and TCA when compared to those that did not have the presence of NaCl. Only the TCA and TCR influenced the EH levels.

Keywords: *Vigna unguiculata*; Drought; Salinity.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é uma espécie herbácea, autógama, anual, versátil e bem adaptada a diferentes condições de clima e solo, apresentando-se como um importante alimento e componente fundamental dos sistemas de produção nas regiões secas dos trópicos, sendo cultivados em parte da Ásia, Estados Unidos, Oriente Médio e nas Américas (SINGH et al., 2002).

O feijão-caupi é um excelente alimento, fornecendo nutrientes essenciais ao ser humano como proteínas, ferro, cálcio, magnésio, zinco, vitaminas, riboflavina, tiamina, carboidratos e fibras. Representa a principal fonte de proteínas vegetal na dieta das populações de média e baixa renda em mais de 70 países e constitui um produto de destacada importância nutricional, econômica e social (MESQUITA, 2005; KOBLITZ, 2011). Este alimento apresenta características adaptativas e nutricionais que fazem dele uma importante fonte alimentícia em regiões pobres de clima e solo pouco favoráveis. É uma fonte de proteína barata e importante para a nutrição de populações de países em desenvolvimento contribuindo significativamente na agricultura de subsistência de famílias na África Central e Oeste, bem como no Brasil (GAZZANEO, 2007).

Condições ambientais adversas para o crescimento, desenvolvimento ou produção das plantas são conhecidas como estresses. Seca, inundações, temperaturas extremas, alta luminosidade, carências nutricionais e elevada salinidade do solo são os principais exemplos de estresses que acarretam perdas na produção de espécies cultivadas (BRAY et al., 2000).

No Brasil, estima-se que, aproximadamente, 30% das áreas irrigadas nos projetos públicos apresentam problemas de salinização e essas áreas estão concentradas, principalmente, no semiárido nordestino (LOPES et al., 2008).

No Nordeste brasileiro, os solos afetados por sais naturalmente ocorrem em condições topográficas que favorecem a drenagem deficiente e, muitas vezes, a indução da salinidade decorre da irrigação mal conduzida e/ou com águas de qualidade duvidosa (OLIVEIRA, 1997). Um dos inconvenientes da irrigação é salinizar o solo. Isso ocorre pelo fato de a água de irrigação apresentar sais dissolvidos que, mesmo em baixa concentração, podem ser incorporados ao solo, o qual pode se tornar salino em poucos anos (MEDEIROS, 2001).

Os prejuízos com relação à produtividade do feijoeiro, decorrentes da deficiência hídrica, são em função das modificações fisiológicas e morfológicas. Esta redução pode variar segundo Silveira; Stone (2005), com a fase de desenvolvimento da cultura a qual foi submetida à deficiência hídrica, podendo ocasionar, de acordo com Terra (2008), em casos mais extremos, perda total da produção.

A intensidade dos prejuízos causados pela restrição hídrica depende da severidade, do estágio de desenvolvimento da cultura, da espécie utilizada ou até mesmo de cultivares mais sensíveis dentro de uma determinada espécie (TERRA, 2008). A utilização da irrigação é um ponto a ser considerado para a manutenção da produtividade das cultivares em áreas com incidência de déficit hídrico em diversas fases de desenvolvimento da cultura, no entanto, o desenvolvimento de cultivares tolerantes à seca vem sendo considerado como a melhor estratégia para manutenção da produção de alimentos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do estresse salino e hídrico sobre caracteres morfofisiológicos em duas cultivares de feijão-caupi.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais do feijão-caupi

Steele; Mehra (1980) citam os seguintes países e regiões que têm sido sugerido como centro de origem de *V. unguiculata* (L.) Walp.: Índia, Etiópia, Paquistão, Irã, Oeste, Sul e Centro da África; e, inclusive, América do Sul. Entre as diversas proposições, há uma predominância das regiões da África, havendo um consenso de que a origem do feijão-caupi ocorreu nesse continente. Um dado que tem contribuído para isso é que as formas selvagens da espécie não têm sido encontradas fora da África.

Segundo Freire Filho et al., (2005b), o feijão-caupi foi introduzido na América Latina por volta do século XVI, pelos colonizadores espanhóis e portugueses, inicialmente em colônias espanholas e, em seguida, em terras brasileiras, provavelmente pelo estado da Bahia. A partir daí, o feijão-caupi foi levado pelos colonizadores para outras áreas da região Nordeste e demais regiões do País.

O fator tempo foi decisivo para aprimorar a capacidade de adaptação da espécie através de um processo seletivo natural às condições ambientais do seu novo habitat, principalmente, às Regiões Norte e Nordeste do Brasil (FREIRE FILHO, 1981).

No Brasil, o feijão-caupi é mais cultivado nas áreas semiáridas da Região Nordeste. É uma espécie rústica e bem adaptada às condições de clima e solo da região e possuidora de ampla variabilidade genética, ampla capacidade de adaptação, alto potencial produtivo e excelente valor nutritivo, características estas que conferem à cultura grande valor estratégico (FREIRE FILHO et al., 2006).

A espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp, apresenta vários nomes vulgares no Brasil, sendo conhecida como feijão-de-praia, na região Norte; feijão-miúdo, na região Sul e, na Região Nordeste, onde é mais conhecido, recebe denominações como feijão-de-corda, feijão-macassar ou feijão-caupi. É também conhecido por feijão-catador e feijão-gurutuba em algumas regiões da Bahia e Norte de Minas Gerais e de feijão-fradinho nos estados da Bahia e Rio de Janeiro (FREIRE FILHO et al., 2005b).

A classificação botânica aceita para o feijão-caupi é que seja uma planta Dicotyledonea, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, secção *Catyang*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *unguiculata* (VERDCOURT, 1970; SMARTT, 1990; PADULOSI, 1997).

2.2 Importância socioeconômica do feijão-caupi

As plantas da família das leguminosas conseguem a maior parte do nitrogênio diretamente da atmosfera, devido às associações com bactérias do gênero *Rhizobium*. Isso ocorre devido a uma relação simbiótica onde a planta oferece ao micro-organismo metabólitos, enquanto a bactéria se instala na raiz formando nódulos, realizando a conversão do nitrogênio atmosférico para a forma de amônia. (Figueiredo et al., 2008; Taiz e Zeiger, 2004). O processo de fixação em leguminosas ocorre com a infestação do rizóbio na raiz provocando a formação de nódulos que originarão colônias de bactérias, as quais por meio de processo bioquímicos fixam nitrogênio (N) na planta. Os nódulos possuem uma heme proteína, a leg-hemoglobina, que se liga ao oxigênio, impedindo que este reaja com a nitrogenase (Taiz e Zeiger, 2004).

Os benefícios da FBN na cultura do feijão-caupi incluem, além do suprimento de nitrogênio para o desenvolvimento das plantas, o fornecimento de nitrogênio na forma de proteína à alimentação humana através do consumo de grãos que podem ser verdes ou secos e o aporte de quantidade significativa de N (nitrogênio) ao solo, por meio dos restos culturais, que podem contribuir para a elevação da matéria orgânica e fertilidade do solo para a cultura em sucessão (Urquiaga e Zapata, 2000).

No Brasil são cultivadas várias espécies de feijões, no entanto, somente duas destas são consideradas como feijão pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA: o feijão-comum, espécie *Phaseolus vulgaris* (L.) e o feijão-caupi, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp (BRASIL, 2008). Essas espécies têm grande importância socioeconômica para o País.

O feijão-caupi constitui-se em um dos principais ingredientes da alimentação humana das regiões Norte e, principalmente Nordeste do Brasil onde tem uma grande importância como fonte geradora de emprego e renda, além de

estar entre as principais culturas de subsistência, em virtude do seu alto índice de proteína, caracterizando-se como uma cultura de alto valor estratégico e energético (EHLERS; HALL, 1997; FREIRE FILHO et al., 2005a).

O feijão-caupi é uma excelente fonte de proteínas (23-25% em média) e contém todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média) vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras alimentares e baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média), sendo que a composição destes nutrientes pode variar de acordo com as práticas agrônômicas realizadas na cultura e manejo pós-colheita (ANDRADE, 2010).

Segundo Freire Filho et al. (2005b), a área colhida, a produção e a produtividade de grãos do feijão-caupi variam muito de ano para ano em virtude, principalmente, das variações nas condições climáticas.

Segundo dados da FAO (2013), a produção mundial média de feijão-caupi, 2007 a 2011, foi de 5,6 milhões de toneladas. O principal país produtor de feijão-caupi é a Nigéria que responde por 48% da produção mundial. Em seguida vem o Níger, com 24% do volume total médio e em terceiro Burkina Faso com 8%. As três nações respondem por 80% da produção mundial de feijão-caupi seco.

Segundo o IBGE (2008) e CONAB (2008) (Companhia Nacional de Abastecimento), não há uma divisão entre os dados estatísticos do feijão comum e os do feijão-caupi. Para fins de preços mínimos de garantia, o feijão se classifica em duas tipificações: feijão anão (*Phaseolus vulgaris*) e feijão macassar (*Vigna unguiculata*) (BRASIL, 2008).

Vale salientar que a FAO não contabiliza a produção brasileira e que o IBGE não separa os dados de área e produção do feijão-comum e feijão-caupi. A ausência de informações sobre a produção do feijão-caupi torna-se um grande empecilho às exportações brasileiras de feijão-caupi, pois o mercado internacional desconhece a real produção da cultura, já que os órgãos oficiais não expõem os dados (DAMASCENO SILVA, 2009).

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] corresponde a cerca de 10,4 % do total de feijão cultivado no Brasil. A produção estimada nas safras de 2011/12 foi de 302,5 mil toneladas. O cultivo da variedade caupi é realizado principalmente na região do Nordeste e no Estado do Mato Grosso, com uma maior produção na 2^o safra, com colheita de abril a julho. No entanto, em função de adversidades climáticas, na segunda safra de 2011/12 na Região

Norte/Nordeste do país, houve uma queda de 342,8 mil toneladas na produção, em relação à safra anterior, devido à seca (CONAB, 2012).

As Regiões Nordeste e Norte do Brasil destacam-se por apresentarem maior consumo de feijão-caupi, especialmente na zona rural. Variando de 9,2 a 21,8 kg/pessoa/ano, de acordo com o Estado. A média regional é 15 kg/pessoa/ano (ROCHA; FREIRE FILHO, 2013).

O feijão-caupi é cultivado, quase em toda a região Meio-Norte, porém, existem áreas de concentração, caracterizadas como tradicionais produtoras e áreas potencialmente estratégicas, como a expansão da fronteira do sudoeste piauiense e especialmente, o Sul do Maranhão (FROTA; PEREIRA, 2000). Nessa área de expansão, em cultivos de sequeiro (primeira safra), o feijão-caupi pode ser utilizado como cultura principal nos monocultivos, na rotação de culturas, safrinha ou cultivos sequenciados, não apenas com bons resultados econômicos, pois a cultura tem um custo muito competitivo, o que tem feito aumentar o interesse dos produtores, mas também na melhoria das condições físico-químicas do solo (FROTA; PEREIRA, 2000; FREIRE FILHO et al., 2011b).

No sistema de sequeiro a baixa produtividade de grãos do feijão-caupi se justifica principalmente pela pouca utilização de cultivares melhoradas em relação às cultivares tradicionais; baixa utilização de tecnologia no manejo dos tratamentos culturais e as condições climáticas desfavoráveis (FROTA; PEREIRA, 2000; ROCHA et al., 2008; DAMASCENO SILVA, 2009). Isso demonstra a necessidade de um maior conhecimento sobre as exigências hídricas das cultivares usadas na região, visando melhor aproveitamento da água disponível no solo em combinação com a distribuição de chuvas (NASCIMENTO, 2009).

2.3 Resistência e cultivares do feijão-caupi

As pesquisas em melhoramento genético avançam para a descoberta de novas cultivares de porte ereto e mais precoces, as quais permitem a utilização de colheita mecânica, tratamentos culturais mais simples e a redução da aplicação de produtos fitossanitários, buscando, assim, a expansão de novos horizontes para a cultura do caupi no agronegócio (SILVA, 2007).

Entende-se por cultivares adaptadas as que aproveitam vantajosamente o estímulo do ambiente, e estáveis àqueles que mostram comportamento altamente

previsível em razão do estímulo do ambiente. A estabilidade e a adaptabilidade de cultivares são características importantes que devem receber muita atenção nos programas de melhoramento (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Segundo Nepomuceno et al. (2001) o desenvolvimento de mecanismos que auxiliem as plantas a tolerar períodos prolongados de seca e o de cultivares mais tolerantes a períodos de deficiência hídrica, será essencial na manutenção da produção agrícola brasileira e mundial.

As pesquisas com feijão-caupi estão sendo desenvolvidas visando o aprimoramento produtivo por meio da identificação de novas cultivares, buscando adequações que permitam maior participação da cultura no agronegócio, inclusive na exportação (BOSCHILA, 2007). A cultura do feijão-caupi é uma das espécies mais versáteis em relação à morfologia, maturidade, hábito de crescimento, características adaptativas, tipos e qualidades da semente, além do padrão de uso bem diversificado (SINGH, 2011).

O feijão-caupi apresenta uma imensa variabilidade genética em relação a diversos caracteres de interesse agrônômico (números de vagens, números de grãos por vagens, produtividade, etc), inclusive para o porte da planta além de que as cultivares brasileiras são, quase em sua totalidade, de crescimento indeterminado e de portes semi-prostrados e prostrados (FREIRE FILHO et al., 2009). Essa grande variação nos caracteres genéticos contribuiu para inúmeros estudos visando um progresso no seu melhoramento.

Em comparação com outras culturas, tal potencial genético de produção do feijão-caupi ainda esta em fase de pouca exploração. Entretanto, em condições experimentais, já foram identificadas produtividades de grãos secos acima de $3,3 \text{ t ha}^{-1}$, e para um futuro próximo da cultura a perspectiva é que seu potencial genético ultrapasse a $6,0 \text{ t ha}^{-1}$. No entanto, para se chegar a esse nível de produtividade é necessário que haja mais investimento em pesquisas na cultura (BEZERRA, 1997).

As diferentes reações de cada genótipo a essas variações permitem que ele possa tolerá-las quando em níveis críticos mantendo, ainda assim, taxas adequadas de fotossíntese (RIBEIRO et al., 2004). Cultivares de feijão-caupi apresentam diferentes respostas fisiológicas quando submetidos a déficit de água no solo (BEZERRA et al., 2003).

2.4 BRS Guariba

A cultivar BRS Guariba foi obtido do cruzamento da linhagem IT85F-2687, introduzida do International Institute of Tropical Agriculture – IITA, em Ibadan, Nigéria, com a linhagem TE87-98-8G, do Programa de Melhoramento da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI. É um cultivar com ciclo em torno de 70 dias, porte semi-ereto, grão de coloração branca, com teor de proteína na faixa de 22% e de tamanho médio (peso médio de 100 grãos na faixa de 19,5 g). É recomendado para condições de alta tecnologia (solo corrigido e adubado com base no resultado da análise química do solo). Além disso, a BRS Guariba é resistente ao mosaico transmitido por pulgão e ao mosaico dourado, é moderadamente resistente ao oídio (*Erysiphe polygoni* DC.) e a mancha-café (*Colletotrichum truncatum* (Schw. Andrus; Moore)) e é moderadamente tolerante à seca e a altas temperaturas, demonstrando o quanto esse cultivar pode vir a contribuir para o aumento de produtividade do feijão-caupi no Estado (FREIRE FILHO et al., 2004a).

Avaliando adaptabilidade e estabilidade da produtividade em grãos de cultivares de feijão-caupi de porte semi-ereto na região Nordeste, concluiu que o BRS Guariba apresentou melhor potencial genético em ambientes de alta produtividade. Nos municípios de Bom Jesus, Nossa Senhora das Dores, São Raimundo das Mangabeiras em 2003 e Teresina em 2002 se constatou o melhor ambiente para a produtividade de grãos verdes (ROCHA et al., 2006)

A BRS Guariba apresenta alta estabilidade temporal e pode ser indicado para os sistemas de cultivos de sequeiro e irrigado, no município de Teresina – PI, (ROCHA et al., 2007b).

Andrade et al. (2006), avaliando cultivares de feijão-caupi de vagem roxa e grãos brancos para produção de feijão-verde, concluiu que o genótipo BRS Guariba apresentaram maior potencial para produção de feijão-verde. De acordo com Freire Filho et al. (2006), o genótipo BRS Guariba é indicada para cultivo na região Meio-Norte do Brasil.

2.5 BRS Xiquexique

O cultivar BRS Xiquexique foi obtido do cruzamento da linhagem TE96-290-12G, a qual foi selecionada do cruzamento com código TE96-290, que teve como parental feminino a linhagem TE87-108-6G, posteriormente lançada como cultivar Amapá, e como parental masculino a linhagem TE87-98-8G posteriormente lançada como cultivar BRS-Paraguaçu.

A cultivar apresenta porte semiprostrado, ramos relativamente consistentes, os quais contribuem para a resistência ao acamamento, e inserção das vagens no nível da folhagem. Vagens secas amarelo-avermelhadas, grãos brancos, arredondados, tegumento liso, sem brilho e com anel do hilo marrom-claro, que se enquadram na subclasse comercial branco.

O seu potencial de cultivo e de mercado é viável para a agricultura familiar, devido sua precocidade, inserção de vagens no nível da folhagem e facilitando a colheita manual. Já para agricultura empresarial por meio de colheita mecanizada é viável desde que se faça o corte e a secagem das plantas ou secagem por meio de dessecantes. Os grãos brancos são bem formados, no padrão de preferência de uma grande faixa de consumidores das Regiões Norte e Nordeste. Apresenta um bom teor de ferro e zinco, o que lhe confere uma vantagem nutricional em relação as demais cultivares (FREIRE FILHO et al., 2004b).

2.6 Efeitos do estresse hídrico nos caracteres morfofisiológicos da planta de feijão-caupi

Define-se estresse como um desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz alterações e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais são reversíveis em princípio, mas podem se tornar permanente (LARCHER, 2000). É um fator externo que exerce uma influência desvantajosa para a planta (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os estresses ambientais podem ter elementos construtivos e destrutivos, agindo como um fator de seleção e uma força motriz para o incremento da tolerância e evolução adaptativa da planta (PIMENTEL, 2004).

No Nordeste do País é uma condição comum a deficiência hídrica, sendo um dos fatores principais que afetam a redução da produtividade do feijão-caupi (MENDES et al., 2007).

A seca é um dos principais problemas no feijão-caupi, bem como em grande parte das plantas cultivadas em todo o mundo. Por exemplo, estima-se, que na África, cerca de 300 mil toneladas de feijão-caupi são perdidas anualmente devido à seca (RAMALHO et al., 2009). O feijão é considerado uma espécie com pouca tolerância a estresses hídricos, sendo que 60% do seu cultivo no planeta estão submetidos a este fator, tornando a seca o maior redutor da produtividade (AGUIAR et al., 2008; BEEBE et al., 2008). A baixa disponibilidade de água no solo é um fator limitante na produção do feijão, especialmente em três estádios críticos, que são a germinação, florescimento e enchimento de grãos (SORATTO et al., 2003).

O requerimento de água do feijão-caupi é variável com seus estádios de desenvolvimento. O consumo de água aumenta de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e na formação de vagens, decrescendo a partir do início da maturação, podendo variar de 300 a 450 mm/ciclo bem distribuídos nos diferentes estádios de desenvolvimento e é dependente da cultivar, do solo e das condições climáticas locais (NÓBREGA et al., 2001).

A falta de água no cultivo do feijoeiro pode afetar significativamente as etapas de seu desenvolvimento, reduzindo seu ciclo biológico. Cardoso et al. (2000), descrevem que o estresse hídrico na fase inicial afeta sensivelmente o processo germinativo, comprometendo, de tal forma, o estabelecimento da cultura, podendo, ainda, paralisar o crescimento e afetar o diâmetro das plantas, bem como retardar o desenvolvimento.

Os efeitos do déficit hídrico são inúmeros e estes afetam a produção agrícola com maior frequência e intensidade, influenciando praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento vegetal, ou seja, suas diferentes fases fenológicas, diminuindo a taxa de fotossíntese pela redução da área foliar e afetando vários outros processos fisiológicos, como número de nós, de inflorescências, diâmetro do caule e etc, além de alterar o ambiente físico das culturas (FONTANA et al., 1992). Seus efeitos deletérios dependem da sua intensidade, duração, época de ocorrência e da interação com outros fatores que

interferem no rendimento das culturas (SANTOS; CARLESSO, 1998; CUNHA; BERGAMASCHI, 1999; BEZERRA et al., 2003).

Os efeitos mais visíveis do estresse hídrico são as reduções do tamanho da planta e da superfície foliar e a queda do rendimento, sendo este último, do ponto de vista agrônomo, o mais importante (OLALLA MANÃS; JUAN VALLERO, 1993).

A baixa disponibilidade de água no solo provoca desidratação, redução do crescimento das raízes e parte aérea, aceleração da senescência dos tecidos na planta, comprometendo o crescimento por reduzir as taxas de expansão foliar e fotossíntese (BENETT; SULLIVAN, 1981).

O nível de deficiência hídrica que reduz o crescimento difere entre espécies e dentro da espécie, dependendo do genótipo, uma vez que as características de crescimento e desenvolvimento podem ser diferentes. Por outro lado, a capacidade de recuperação da planta depende da velocidade e da intensidade do estresse imposto (CATUCHI, 2012).

A redução no crescimento é um dos mais notáveis efeitos da restrição hídrica sobre as plantas, principalmente causada por uma inibição da elongação da folha e caule quando o potencial hídrico decresce, sendo esse efeito diferente entre espécies (SILVA et al., 2001).

Uma característica comumente observada nas plantas resistentes à seca é a grande proporção de matéria seca concentrada no sistema radicular. Tal adaptação garante, em grande parte, uma absorção de água suficiente para manter um “ritmo transpiratório normal”, assegurando a manutenção de um bom status hídrico nos tecidos vegetais (PRISCO, 1996).

A redução do diâmetro implica na inibição ou retardamento do crescimento, uma vez que esse é influenciado pela redução da água disponível no solo, levando a planta a requerer maior energia para absorver água e desenvolver-se (LEONARDO et al., 2007).

O estresse hídrico reduz o nitrogênio acumulado e a produção de matéria seca da parte aérea do feijão-caupi, principalmente quando a deficiência hídrica for imposta na segunda e quinta semanas após a semeadura (STAMFORD et al., 1990). Essas reduções devem estar associadas ao fato de que o estresse hídrico afeta vários processos fisiológicos relacionados com a assimilação de nitrato e fixação simbiótica de nitrogênio nas leguminosas, reduzindo o peso da matéria

fresca dos nódulos e da parte aérea das plantas (COSTA et al., 1996). A alteração destes processos fisiológicos reflete no decréscimo da produtividade de grãos ou sementes.

O déficit hídrico aumenta resistência difusiva ao vapor de água e diminui a condutância estomática, mediante fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, em consequência, o suprimento de CO₂ para a fotossíntese (OLIVEIRA et al., 2005). Para Larcher (2000), os estômatos atuam como moduladores da perda de água pela transpiração respondendo ao déficit hídrico com a alteração da abertura do poro a uma faixa crítica de valores do potencial hídrico foliar.

Define-se estresse como um desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz alterações e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais são reversíveis em princípio, mas podem se tornar permanente (LARCHER, 2000). É um fator externo que exerce uma influência desvantajosa para a planta (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Lima et al. (2007) estudando o balanço hídrico no solo cultivado com feijão-caupi, concluíram que a evapotranspiração para o ciclo e média diária foram de 383,02 mm e 4,12 mm, respectivamente. O maior consumo de água ocorreu na fase reprodutiva, com valor médio de 3,65 mm dia⁻¹.

Sendo o estresse hídrico um dos fatores que contribuem para a diminuição do rendimento, é extremamente importante o modo como às plantas respondem aos estresses abióticos, pois esta resposta é crucial para o rendimento de grãos, sendo que o ambiente desfavorável constitui o fator mais significativo conduzindo a substancial e incalculável diminuição na produtividade (CUSTÓDIO et al., 2009). No entanto, algumas práticas de manejo podem contribuir para o aumento da produtividade em condições de estresses abióticos, sendo, o maior progresso obtido através do melhoramento (SINGH, 1995), pois as cultivares tolerantes tem a capacidade de interligar uma diversidade de sinais ambientais a sinais metabólicos que regulam a expressão gênica durante o estresse (CUSTÓDIO et al., 2009), assim possibilitando a sua sobrevivência.

As moléculas de clorofila têm a capacidade de transformar a radiação solar em energia química, por meio do processo de fotossíntese (SANTOS e CARLESSO, 1998). As plantas são transformadoras primárias de energia solar e sua eficiência é fator determinante na produtividade agrícola. O déficit hídrico

caracteriza-se como um dos estresses ambientais responsáveis pela perda de pigmentos nas folhas, fazendo com que o ciclo de vida da planta seja alterado.

2.7 Efeitos do estresse salino nos caracteres morfofisiológicos da planta de feijão-caupi

Um dos fatores de maior preocupação na agricultura atual é a salinidade do solo, especialmente a irrigada, e o manejo inadequado da irrigação e dos fertilizantes utilizados na atividade agrícola são um dos principais responsáveis pelo aumento da quantidade de solos degradados com este problema (D'ALMEIDA et al., 2005; EPSTEIN; BLOOM, 2006). O efeito da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas é um assunto discutido em vários países, principalmente, nos que apresentam regiões áridas e semiáridas (RIBEIRO et al., 2009).

A salinidade pode ser definida como a situação de excesso de sais solúveis, sódio trocável ou ambos em horizontes ou camada superficiais, afetando o desenvolvimento vegetal (RIBEIRO et al., 2009). No entanto, o problema da salinidade nos solos agricultáveis está relacionado às respostas das plantas, tanto na fisiologia quanto no metabolismo vegetal, afetando o desenvolvimento vegetal desde a germinação, provocando redução na produtividade e, em casos mais severos, podendo levar a morte (FARIAS, 2008).

Em regiões áridas onde a precipitação é menor que a evapotranspiração ocorrem os maiores problemas com salinidade (SANTOS et al., 2009a); em áreas irrigadas de modo inadequado o uso de água de baixa qualidade e deficiência na drenagem induz ao acúmulo de sais na superfície do solo (DANTAS et al., 2005).

Estudos sobre estresse em plantas têm se intensificado devido aos distúrbios climáticos decorrentes do uso não sustentado dos recursos naturais. Cerca de 19,5% das terras irrigadas e 2,1% dos solos do planeta são afetados de alguma forma por sais (FAO, 2006).

Em regiões de baixa precipitação pluvial a lavagem dos sais deve ser realizada, como forma de manter a salinidade do solo em um nível aceitável. Já em regiões onde essa precipitação é relativamente alta, a sua ocorrência durante a estação chuvosa, pode assegurar a lavagem dos sais (ANDRADE et al., 2004; BEN-HUR, 2001).

As águas utilizadas na irrigação no Nordeste brasileiro apresentam, em sua maioria das vezes, concentrações de sais na faixa de 1 a 30 mmol_c L⁻¹ correspondendo à faixa de condutividade elétrica de 0,1 a 3,0 dS m⁻¹ (HOLANDA; AMORIM, 1997).

No campo, a salinidade da água do solo ou da água de irrigação é medida quanto à sua condutividade elétrica ou quanto ao seu potencial osmótico. A água pura é um condutor de corrente elétrica muito pobre; a condutividade de uma amostra de água deve-se aos íons nela dissolvidos. Quanto mais alta a concentração salina na água tanto maior é a sua condutividade elétrica e tanto mais baixo é o seu potencial osmótico (mais alta a pressão osmótica) (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A salinidade inibe o crescimento, diâmetro e a produtividade das plantas, sendo este efeito atribuído ao desbalanceamento nas relações hídricas e nutricionais das plantas e ao acúmulo de íons considerados tóxicos (SHANONN et al., 1994).

Segundo Torres Netto et al. (2005), a determinação indireta do teor de clorofila em folhas pode ser usada como ferramenta para diagnosticar a integridade do aparelho fotossintético, quando as plantas estão sujeitas às adversidades ambientais.

Segundo Morales et al. (2001), o diâmetro do caule em feijão-caupi foi reduzido linearmente com o aumento da salinidade da água de irrigação, no entanto, foi a característica menos afetada pelas condições salinas estudadas, de forma que a redução só foi expressiva a partir da salinidade de 3,5 dS m⁻¹, com causando uma redução 34,69% em relação ao tratamento de menor salinidade. Nem todas as partes da planta são igualmente afetadas pela salinidade, bem como, a adaptação ao estresse salino varia entre espécies e em um mesmo genótipo pode variar entre estádios fenológicos.

A redução no número de folhas é um fator de resposta ao estresse salino, pois este mecanismo torna a planta mais adaptada às condições adversas, uma vez que a abscisão foliar diminuirá a superfície transpirante e favorecerá a manutenção do alto potencial hídrico na planta (DANTAS et al., 2003; TESTER; DAVENPORT, 2003).

Determinados íons como Na⁺ e Cl⁻ podem: (a) tornarem-se tóxicos quando presentes na célula vegetal em excesso; (b) danificar a membrana celular; e (c)

promover distúrbios metabólicos, afetando a fotossíntese, a respiração, o metabolismo de proteínas, as atividades enzimáticas e a produção de toxinas (MUNNS, 2002). Segundo Bernardo et al. (2005), os efeitos da salinidade são manifestados na redução das taxas de germinação e de crescimento, redução do rendimento e, em casos severos, podem causar a morte generalizada das plantas.

Os íons que mais frequentemente acarretam toxicidade são: cloreto (necrose nas folhas) e o sódio (queimaduras ou necroses ao longo das bordas das folhas), (CAVALCANTE, 2005).

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

A fotossíntese é inibida quando concentrações altas de Na^+ e Cl^- acumulam-se nos cloroplastos. Uma vez que o transporte de elétrons na fotossíntese parece relativamente insensível a sais, o metabolismo do carbono ou a fotofosforilação podem ser afetados. As enzimas extraídas de espécies tolerantes ao sal são exatamente tão sensíveis à presença de NaCl quanto o são as enzimas de glicófitas sensíveis ao sal. Portanto, a resistência de halófitas a sais não é uma consequência de metabolismo de resistência ao sal. Em vez disso, outros mecanismos entram em ação para evitar o dano pelo sal (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.8 Análises de crescimento

Segundo Pereira e Machado (1987), é possível analisar a produção vegetal através de informações obtidas sem necessidade de equipamentos sofisticados. Por exemplo, determinando a quantidade de material contido na planta inteira e em suas partes (folhas, caule, raízes, flores e frutos) e o tamanho do aparelho fotossintetizante, representado pela área foliar.

A análise de crescimento é uma ferramenta para melhor conhecimento da planta como entidade biológica e que permite manejar, racionalmente, as espécies cultivadas para expressão do seu potencial de produção. Também

permite avaliar o crescimento da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos para o crescimento total. A partir dos dados de crescimento, pode-se inferir sobre a atividade fisiológica, isto é, estimar as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes, ou entre plantas semelhantes crescendo em ambientes diferentes (BENINCASA, 2003).

A análise de crescimento é fundamental para avaliar os efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, pois descreve as mudanças na produtividade vegetal, em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento (URCHEI et al., 2000). A análise de crescimento tem sido usada na tentativa de explicar diferenças no crescimento, de ordem genética ou resultante de modificações do ambiente (PEIXOTO, 1998) e constitui uma ferramenta muito eficiente para a identificação de materiais promissores (BENINCASA, 2003), além de identificar características que, no crescimento inicial, indiquem possibilidade de aumento no rendimento da planta adulta, favorecendo os trabalhos de melhoramento na busca por materiais mais produtivos.

A análise quantitativa do crescimento permite a dedução de vários índices fisiológicos, utilizados na tentativa de explicar e compreender diferenças de comportamento das comunidades vegetais (Pereira et al. 1987).

A taxa de crescimento relativo, também chamada de taxa de crescimento específico, por representar a quantidade de material produzido por unidade de material já existente (Pereira et al. 1987). Este conceito de relatividade foi introduzido por Blackman em 1919, em analogia à taxa de juros compostos e considerado como índice de eficiência de conversão da matéria seca.

Uma forma de avaliar o efeito do plantio direto, bem como uma possível minimização dos efeitos do estresse hídrico na cultura do feijão-caupi, é através da análise de crescimento, a qual descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento. Os índices determinados na análise de crescimento indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar (fonte), através das folhas, e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos (drenos), como estruturas reprodutivas que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados (LARCHER, 2004).

A determinação da massa de matéria seca (da planta e/ou de suas partes: frutos, caule, folhas e outros) é mais apropriada para a análise de crescimento

(TAIZ; ZEIGER, 2004) e, via de regra, a área foliar é também determinada (BENINCASA, 2003).

Para identificar tais alterações, o acúmulo de matéria seca é, talvez, o parâmetro mais significativo, sendo resultante da associação de vários outros componentes (AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000). A determinação da matéria seca possibilita a estimativa de taxas de crescimento que quantificam este balanço em determinado momento ou intervalo de tempo de interesse (SILVA et al., 2000).

Destina-se à avaliação da produção líquida derivada do processo fotossintético, que é resultado do desempenho do sistema assimilatório durante certo período de tempo. O fundamento do método se baseia principalmente no fato de que cerca de 90% da massa seca produzida pela planta ao longo do seu crescimento resulta da atividade fotossintética (BENINCASA, 2003).

O acúmulo de matéria seca e o incremento da área foliar, quantificados em função do tempo, são utilizados na estimativa de vários índices fisiológicos relacionados às diferenças de desempenho entre cultivares ou diferentes materiais da mesma espécie e das comunidades vegetais, nos diversos estudos ecofisiológicos. Normalmente, estes índices são a taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, a taxa assimilatória líquida, a razão de área foliar e a razão de massa foliar (BENINCASA, 2003).

As concentrações de sais que restringem o crescimento do feijão-caupi variam entre os cultivares e parecem depender da composição iônica do meio, das concentrações de íons potencialmente tóxicos, particularmente Na^+ e Cl^- , que proporcionam redução no crescimento foliar e na assimilação líquida de carbono, repercutindo negativamente na produtividade da cultura (NEVES et al., 2009; LACERDA et al., 2011).

Dentre as principais consequências visíveis do estresse hídrico em plantas, a redução da área foliar é aquela que proporciona maiores implicações sobre o rendimento da cultura, pois acarreta redução da área foliar fotossintetizante, o que ocasiona produtividades de grãos aquém das esperadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O estudo consistiu de dois experimentos desenvolvidos em ambiente protegido com cobertura de filme de polietileno transparente, espessura de 150 micras, com tratamento contra raios ultravioleta modelo Poly House “em arcos”, com dimensões largura = 12,80 m; comprimento = 12,00 m; altura (pé direito) = 4 m e área total = 153,60 m² durante o período de dezembro/2014 a maio/2015, na área experimental do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias – CCA, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), no município de Teresina-PI, localizada 05°04'35” de latitude Sul, 42°78'38” de longitude Oeste e a altitude 54 m.

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) C1sA'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão, com precipitação pluvial média anual de 1332 mm, concentrando-se entre os meses de janeiro a maio, temperatura média de 29°C e umidade relativa média do ar de 70% (SEMPLAN–PMT, 2014).

3.2 Procedimentos experimentais

O experimento foi conduzido em vasos plásticos de peso 78 gramas com capacidade de 3,8 dm³, preenchido com 3,8 kg de um Argissolo Vermelho-Amarelo, eutrófico, textura arenosa coletado na camada de 0 a 20 cm, sendo também retiradas amostras para sua caracterização química apresentada na Tabela 1. O enchimento dos vasos foi padronizado, na qual foi calculada a massa do solo a ser colocado em cada vaso considerando que o mesmo tenha um volume de 3,8 dm³ e a densidade do solo de 1,0 g cm⁻³, o que totalizou 3,8 kg de solo por vaso, medida esta referente à ocupação total do vaso.

Os vasos foram distribuídos sobre duas mesas de dimensões: 1,20 m de largura x 5,00 de comprimento x 0,80 m de altura e tampo com tela com malha 30x30 mm de aço galvanizado. Os vasos foram distribuídos formando doze linhas com cinco vasos, mantendo uma distância uniforme de 15 cm entre eles conforme Figura 1.



Figura 1. Detalhe da área experimental

Tabela 1. Caracterização química do solo, na camada de 0-0,2 m. Teresina-PI, 2015

pH	MO	P	K	Na	Mg ⁺²	Ca ⁺²	Al ⁺³	H+Al	SB	CTC	V
H ₂ O	%	-----cmolc dm ⁻³ -----									%
5,7	1,3	1,08	11,5	0,0	0,48	1,41	0,22	1,61	1,92	2,14	54,39

Fonte: Laboratório de Análise de Solos da UFPI

Foram utilizadas sementes tratadas de duas cultivares de feijão-caupi (Tabela 2) oriundas do banco de germoplasma do programa de melhoramento de feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte.

Tabela 2. Caracterização das cultivares, Teresina-PI, 2015

Cultivar	Classe Comercial	Ciclo de maturação (DAE)	Porte da planta
BRS Guariba	Branco	65-70	Semiereto
BRS Xiquexique	Branco	65-70	Semiprostado

Fonte: Embrapa Meio-Norte

A adubação de fundação foi realizada com base na análise do solo aplicando-se 9,5 g de N (sulfato de amônio), 62 g de P₂O₅ (superfosfato triplo) e 11,5 g de K₂O (cloreto de potássio) por vaso, estes foram incorporados ao solo. Aos 20 DAS fez-se uma adubação de cobertura com aplicação de 47,5 g de N, onde foram diluídos em 1200 mL de água e foram fornecidos 10 mL da solução para cada vaso.

3.3 Plantio

Os plantios foram realizados nos dias 12 de dezembro de 2014 e 12 de abril de 2015, com a semeadura de cinco sementes por vasos, em profundidades homogêneas de 2,0 cm conforme a Figura 2. Dez dias após a semeadura, fez-se o desbaste deixando uma planta por vaso. Não foi realizado controle fitossanitário.



Figura 2. Detalhe da semeadura

3.4 Tratamentos

Os tratamentos consistiram de duas cultivares (C) de feijão-caupi: BRS Guariba e BRS Xiquexique, da combinação de dois níveis de estresse salino (ES) (0 e 2,5 g de NaCl, com condutividade elétrica de 0,51 dS m⁻¹ referente a água de abastecimento, e 5,29 dS m⁻¹ referente a dose de sal, respectivamente), e de cinco níveis de estresse hídrico (EH) (60, 70, 80, 90 e 100% da ETc), totalizando vinte tratamentos. Utilizou-se o esquema fatorial 2x2x5 no delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições, constituindo assim, cento e vinte parcelas, representadas por cada vaso com uma planta (Figura 3).



Figura 3. Detalhe das parcelas (uma planta por vaso)

Nos experimentos I e II, o estresse hídrico iniciou a partir do 15° DAS, coincidindo com o estágio fenológico vegetativo V₄ (segunda folha trifoliolada encontrava-se com os folíolos separados e completamente abertos) e foi até o 35° DAS no experimento I, e ao 30° DAS no experimento II, coincidindo com o estágio fenológico vegetativo V₉ (terceira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta – início do florescimento).

Para a obtenção do nível de salinidade em (dS m⁻¹) mediu-se a condutividade elétrica da água dos níveis de estresse salino através do condutivímetro (Figura 4), do qual chegou-se a uma curva de salinidade e assim definindo o valor em g de NaCl referente ao nível de estresse salino que foi utilizado no experimento (Figura 5).



Figura 4. Condutivímetro

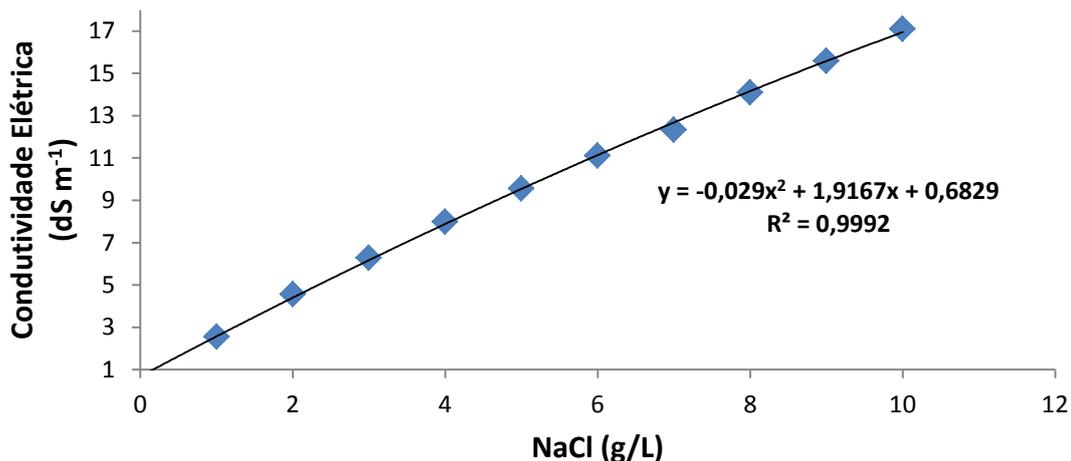


Figura 5. Curva de salinidade em (dS m⁻¹) de diferentes doses de NaCl.

Foi aplicado às doses de 2,5 g de NaCl aos 15, 22 e 29 DAS no experimento I, e no experimento II aos 15, 20, 25 e 30 DAS, diluído em 1,0 L de água resultando numa conduividade de 5,29 dS m⁻¹ que correspondeu ao nível com NaCl, valor definido baseado em dado da FAO em que o feijão-caupi tolera a irrigação com água salina com conduividade elétrica de até 3,3 dS m⁻¹. Esta solução foi utilizada para irrigação e administrada nos vasos de acordo com cada tratamento em função dos níveis de estresse hídrico da ETc.

Inicialmente para definir lâmina de irrigação, seguiu três etapas:

1º etapa - Utilizou a metodologia da capacidade de campo (CC) em vasos. Foram utilizados seis vasos de maneira que estes foram pesados inicialmente com o solo seco (desconsiderou a diferença do peso do vaso $P_{VASO} = 78$ g) e assim colocados em um recipiente semelhante a uma caixa d' água e adicionado água nivelando com os vasos a uma altura de 10 cm da base e tanto vasos como caixa d' água foram cobertos com um plástico para evitar a evaporação, até que atingissem a CC deste solo no volume dos vasos. Após 24 horas os vasos foram retirados da caixa d' água e colocados em local plano para drenagem e assim novamente pesados e calculado a diferença entre o (solo + água retida) e o solo seco de que resultou no valor da CC de 0,6 kg de água, representando a média dos seis vasos. Esta massa em kg da CC de água retido na solução do solo em condições controladas foi transformado para ml (1 L de água = 1,028 kg) e utilizado como lâmina inicial que foi igual a 584 mL; e as três outras lâminas desta etapa foram fornecidas aos tratamentos em função da pesagem dos vasos T_5

(tratamentos sem estresse salino e hídrico) e calculado a diferença de perda de água da lâmina anterior para o dia seguinte. Isso foi comum a todos os tratamentos até o 4° DAS (início da germinação);

2° etapa - a partir do 5° até o 14° DAS foi calculado a lâmina de irrigação em função da ET_c, sendo que a reposição para cada unidade experimental foi feita a partir da quantidade de água evapotranspirada diariamente. Usou-se como referência o peso diário dos seis vasos dos tratamentos T₅ (sem estresse hídrico e salino), tirando uma média (kg) de água evapotranspirada, onde esta média final correspondeu à lâmina fornecida dia a dia a todos os tratamentos de maneira uniforme nestes DAS, uma vez que o estresse hídrico só iniciou na etapa seguinte. Seguiu a mesma relação de transformação da etapa 1.

$$VOL_{diário}(L) \equiv PVD_x - PVD_y$$

Em que:

VOL diário (L): medida transformada para mL

PVD_x (kg): peso do vaso do dia anterior

PVD_y (kg): peso do vaso do dia seguinte

3° etapa – a partir do 15° aos 35° DAS no experimento I, e do 15° aos 30° DAS do experimento II seguiu a mesma metodologia da etapa 2, com uma única ressalva, a de que a partir dos 15° DAS iniciou o estresse hídrico com os cinco níveis de % de reposição da ET_c (60, 70, 80, 90 e 100%).

A irrigação foi realizada diariamente, sendo aplicado 60% do volume a ser repostado às 09:00 horas e o restante (40%) às 16:00 horas utilizando-se para aplicação uma proveta de 100 mL. A irrigação foi realizada de forma a não haver movimento preferencial para que não ocorra drenagem de forma localizada em cada vaso.

3.5 Variáveis analisadas

3.5.1 Experimento I

- a) Comprimentos do ramo principal (CRP) – medida entre o colo da planta e o ápice do ramo principal, realizada com uma régua graduada em cm.
- b) Diâmetro do caule (DC) – medida, em mm, realizada imediatamente acima do nó cotiledonar, com paquímetro digital.

- c) Número de folhas (NFT) – Contagem de todas as folhas trifoliadas.
- d) Teor de clorofila (TC) – Para mensuração do teor de clorofila usou-se o medidor portátil de clorofila, clorofiLOG (Figura 6). Foram feitas duas leituras na parte da manhã nas folhas do terço médio das plantas, em duas folhas previamente identificadas de todos os tratamentos.



Figura 6. ClorofiLOG (medidor de clorofila).

As leituras de CRP, DC, NFT e TC, foram realizadas em todas as parcelas aos 21 e 35 DAS.

3.5.2 Experimento II

- a) Matéria seca da planta (MSP) – Definida como a fitomassa total em (g) da parte aérea (folhas e ramos) e da raiz.
- b) Matéria seca das folhas (MSF) – Definida como sendo a fitomassa da parte aérea das plantas (folhas).
- c) Área Foliar (AF) – Foi determinada em um medidor de área foliar, fabricado pelo LICOR, modelo LI-3000, em (cm²) (Figura 7).



Figura 7. LI-3000 (integrador de área foliar)

- d) Área foliar específica (AFE) – É o componente morfológico e anatômico que relaciona a área foliar com o peso da massa seca das folhas em ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$).

$$AFE = \frac{AF}{MSF}$$

Em que: AF = área foliar; MSF = matéria seca das folhas.

- e) Razão área foliar (RAF) – Quociente entre a área foliar e a massa seca total, em ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$).

$$RAF = \frac{AF}{MST}$$

Em que: AF = área foliar; MST = matéria seca total.

- f) Relação folha e raiz (RFR) – Componente que relaciona a matéria seca das folhas com o peso da massa seca das raízes em (g g^{-1})

$$RFR = \frac{MSF}{MSR}$$

Em que: MSF = matéria seca das folhas; MSR = matéria seca das raízes.

- g) Relação parte aérea e raiz (RPAR) - É o componente que relaciona a matéria seca da parte aérea com o peso da massa seca das raízes em (g g^{-1}).

$$RPAR = \frac{MSPA}{MSR}$$

Em que: MSPA = matéria seca da parte aérea; MSR = matéria seca das raízes.

- h) Taxa de assimilação líquida (TAL) – Demonstra as alterações na quantidade de material orgânico formado com a energia luminosa recebida, em peso de matéria seca por unidade de área foliar, por unidade de tempo ($\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$).

$$TAL = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \times \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{A_2 - A_1}$$

Em que: P_2 = peso massa seca da segunda amostragem; P_1 = peso massa seca da primeira amostragem; Ln = logaritmo nepereriano; A_2 = área foliar do vegetal no tempo t_2 ; A_1 = área foliar do vegetal no tempo t_1 ; t_1 e t_2 = dias das 1° e 2° amostragem (números de dias decorridos entre as duas amostragens).

- i) Taxa de crescimento absoluto (TCA) – É a variação ou o incremento do crescimento em gramas por dia entre duas amostragens ao longo do ciclo em (g dia^{-1}).

$$TCA = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

Em que: P_2 = peso massa seca da segunda amostragem; P_1 = peso massa seca da primeira amostragem; t = tempo em dias 1° e 2° amostras sucessivas.

- j) Taxa de crescimento relativo (TCR) - Varia ao longo do ciclo vegetal, pois depende de dois outros fatores do crescimento: da área foliar útil para a fotossíntese e da taxa assimilatória líquida, que é taxa fotossintética bruta em ($\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$).

$$TCR = \frac{\text{Ln}P_2 - \text{Ln}P_1}{t_2 - t_1}$$

Em que: P_2 = peso massa seca da segunda amostragem; P_1 = peso massa seca da primeira amostragem; Ln = logarítmo nepereriano; t = tempo em dias; 1° e 2° = amostras sucessivas.

Para determinação da matéria seca das folhas, dos ramos e das raízes utilizou-se da seguinte metodologia: Foram acondicionadas em sacos de papel, deixados em estufa de circulação forçada a 60 °C por (± 24 h), em seguida pesadas na balança.

As determinações de MSF, MSP, AF, AFE, RAF, RFR e RPAR, foram realizadas em todas as parcelas aos 30 DAS.

3.6 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância, com regressão polinomial para o estresse hídrico. As médias das cultivares e do estresse salino foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As análises foram realizadas por meio do programa ASSISTAT (Versão 7.5).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I

Houve diferenças significativas para o CRP em relação C e ES nas duas épocas e para o DC apenas aos 21 DAS. Indicando comportamento diferenciado das cultivares e do estresse salino para os caracteres avaliados.

O CRP mostrou efeito significativo em relação às interações C x ES aos 35 DAS e C x EH e ES x EH nas duas épocas, indicando respostas diferenciadas deste parâmetro em relação às interações.

Da mesma forma, Silva et al. (2011) verificaram que os níveis crescentes de sais da água de irrigação e a disponibilidade de água causaram efeitos no CRP em feijão-caupi (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância aos 21 e 35 DAS para os parâmetros CRP, DC, de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a dois níveis de estresse salino e cinco níveis de estresse hídrico. Teresina, PI, 2014.

Fontes de Variação	Significância do F			
	CRP		DC	
	21 DAS	35 DAS	21 DAS	35 DAS
Cultivar (C)	119,183 ^{**}	73,050 ^{**}	8,370 ^{**}	2,000 ^{ns}
Estresse salino (ES)	13,531 ^{**}	20,205 ^{**}	8,370 ^{**}	3,601 ^{ns}
Estresse hídrico (EH)	7,833 ⁻⁻	10,457 ⁻⁻	1,434 ⁻⁻	2,000 ⁻⁻
(C)x(ES)	2,276 ^{ns}	9,401 [*]	0,0071 ^{ns}	0,833 ^{ns}
(C)x(EH)	3,186 [*]	6,219 ^{**}	1,571 ^{ns}	1,557 ^{ns}
(ES)x(EH)	3,497 [*]	3,278 [*]	1,437 ^{ns}	0,564 ^{ns}
(C)x(ES)x(EH)	1,919 ^{ns}	0,421 ^{ns}	0,431 ^{ns}	1,528 ^{ns}
Média geral	16,60	23,44	0,393	0,450
CV (%)	19,32	42,15	9,06	24,78

^{ns, **, *} Não significativo, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. (-) Teste F não se aplica.

4.1.1 Comprimento do ramo principal (CRP)

O CRP não houve diferença significativa para a BRS Xiquexique em relação à presença ou ausência do NaCl, enquanto que a BRS Guariba apresentou uma redução de 38% no CRP em resposta à aplicação do NaCl (Tabela 4).

Estes resultados mostram que as cultivares respondem de maneiras diferentes aos níveis de estresse salino. Segundo Santos et al. (2009b), o efeito da salinidade sobre o comprimento do ramo principal da planta é em razão do comprometimento de funções fisiológicas e bioquímicas.

Os resultados estão de acordo com Dantas et al. (2002) quando diz que o grau de tolerância do feijão-caupi ao estresse salino varia entre as diferentes cultivares. Murillo-Amador et al. (2006) verificaram, trabalhando com diferentes cultivares de feijão-caupi, comportamento diferente entre cultivares quanto ao CRP.

Tabela 4. Médias para o comprimento do ramo principal (CRP), em cm, aos 35 DAS, para a interação cultivar e estresse salino (C x ES). Teresina, PI, 2014.

Cultivares (C)	Estresse Salino	
	Sem NaCl	Com NaCl
BRS Xiquexique	16,41 bA	13,58 bA
BRS Guariba	39,36 aA	24,42 aB
DMS	5,56	5,56

¹Médias com letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A BRS Guariba apresentou médias de CRP superiores às da BRS Xiquexique em todos os níveis de EH e nas duas épocas, chegando a 55% e 196% as diferenças entre as médias no nível 100% da ETc aos 21 e 35 DAS, respectivamente, o que demonstra que a BRS Guariba teve melhor desempenho no CRP quando comparado com a BRS Xiquexique.

Houve um crescimento das médias de ambas as cultivares à medida que reduziram os níveis de EH (Tabela 5).

Isso corrobora com Sá et al. (1994), que diz que o processo de perda acentuada de água por estresse hídrico reduz a multiplicação e o alongamento celular, contribuindo para redução do CRP.

Tabela 5. Médias para o comprimento do ramo principal (CRP), em cm, aos 21 e 35 DAS, para a interação cultivar e estresse hídrico (C x EH). Teresina, PI, 2014.

Cultivares (C)	Estresse Hídrico (% ETc) 21 DAS				
	60%	70%	80%	90%	100%
BRS Xiquexique	12,29 b	12,47 b	13,14 b	12,82 b	14,80 b
BRS Guariba	15,29 a	18,64 a	22,82 a	20,84 a	22,95 a
DMS _{COLUMNAS}	8,70				
Cultivares (C)	Estresse Hídrico (% ETc) 35 DAS				
	60%	70%	80%	90%	100%
BRS Xiquexique	13,48 a	13,44 b	14,24 b	16,44 b	17,40 b
BRS Guariba	17,52 a	25,70 a	30,64 a	34,03 a	51,57 a
DMS _{COLUMNAS}	8,79				

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

As maiores diferenças no CRP para à interação ES x EH foram observadas quando as plantas foram submetidas ao tratamento de 100% da ETc nas duas épocas, onde aquelas em condições de salinidade apresentaram menores médias em relação as que não foram submetidas à dose de NaCl, mostrando diferenças de cerca de 18% aos 21 DAS 38% aos 35 DAS (Tabela 6).

Estes resultados podem ser explicados por trabalhos realizados por Sudério et al. (2011), que evidenciam declínio no comprimento das plantas com o aumento das concentrações de NaCl.

Tabela 6. Médias para o comprimento do ramo principal (CRP) em (cm) aos 21 e 35 DAS da interação estresse salino e estresse hídrico (ES x EH). Teresina, PI, 2014.

Estresse Salino (ES)	Estresse Hídrico (% ETc) 21 DAS				
	60%	70%	80%	90%	100%
Sem NaCl	13,82 a	15,75 a	18,60 a	20,05 a	20,71 a
Com NaCl	13,76 a	15,36 a	17,36 a	13,61 b	17,04 b
DMS _{COLUMNAS}	2,85				
Estresse Salino (ES)	Estresse Hídrico (% ETc) 35 DAS				
	60%	70%	80%	90%	100%
Sem NaCl	16,84 a	21,76 a	23,59 a	34,75 a	42,50 a
Com NaCl	14,16 a	17,38 a	21,29 a	15,72 a	26,47 b
DMS _{COLUMNAS}	8,79				

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A análise de regressão mostrou efeitos lineares para o CRP na média das cultivares, indicando tendência crescente com a redução dos níveis de estresse hídrico (Figura 8). Estes resultados são concordantes com os de Leite et al. (1999), quando relataram que os efeitos de déficits hídricos ocorridos na fase vegetativa do feijão-caupi provocaram reduções nos componentes de crescimento.

Estes resultados concordam com o trabalho conduzido por Fancelli; Dourado Neto (2000) avaliando altura de plantas, concluíram que, tanto o crescimento quanto o desenvolvimento e a translocação de fotoassimilados, encontram-se ligados à disponibilidade hídrica do solo.

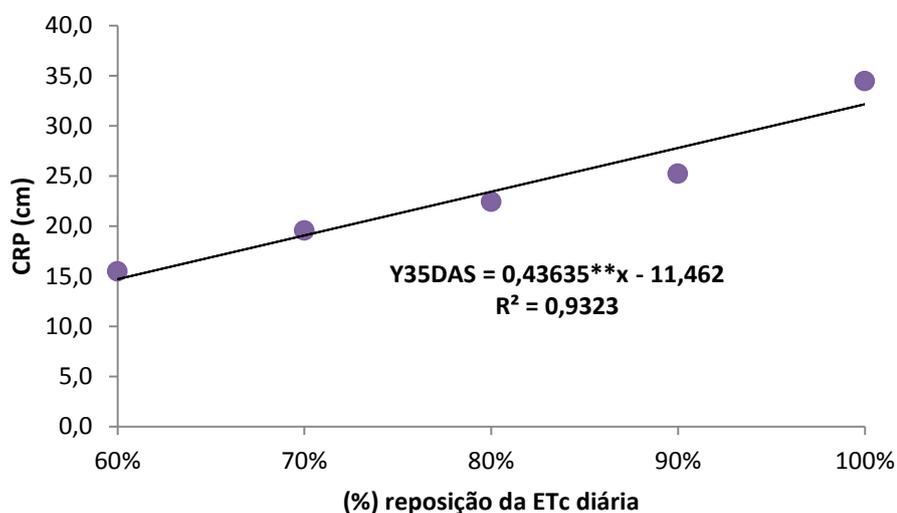


Figura 8. Comprimento do ramo principal (CRP) aos 35 DAS de duas cultivares de feijão-caupi em relação aos cinco níveis de estresse hídrico. Teresina, PI, 2015.

4.1.2 Diâmetro do caule (DC)

A BRS Xiquexique apresentou maior média, em relação BRS Guariba para o DC em relação ao fator C. As plantas que foram submetidas ao NaCl tiveram menor média, para o DC, o que mostra efeito do sal nas medidas caulinares (Tabela 7).

Comportamento semelhante foi observado por Silva et al. (2009), quando submeteram a cv. Quarentinha ao nível de salinidade $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, e por Alencar et al. (2013), ao avaliar diferentes genótipos de feijão-caupi.

Tabela 7. Médias para o diâmetro do caule (DC) em (cm) aos 21 DAS do fator cultivar (C). Teresina, PI, 2014

Características	Cultivar (C)		Estresse Salino (ES)	
	BRS Guariba	BRS Xiquexique	Sem NaCl	Com NaCl
DC (cm)	0,403 a	0,382 b	0,403 a	0,382 b
DMS	0,014		0,014	

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A análise de regressão mostrou efeitos lineares para o DC na média das cultivares aos 35 DAS, indicando variações crescentes no diâmetro do caule com a redução dos níveis de estresse hídrico, o que demonstra que tal estresse influenciou o diâmetro do caule (Figura 9).

Estes resultados estão de acordo com Andrade et al. (2013), trabalhando em casa de vegetação com a cultura do feijão-caupi, cultivar ‘Quarentinha’, verificaram um declínio no diâmetro do caule sob estresse hídrico aos 35 DAS.

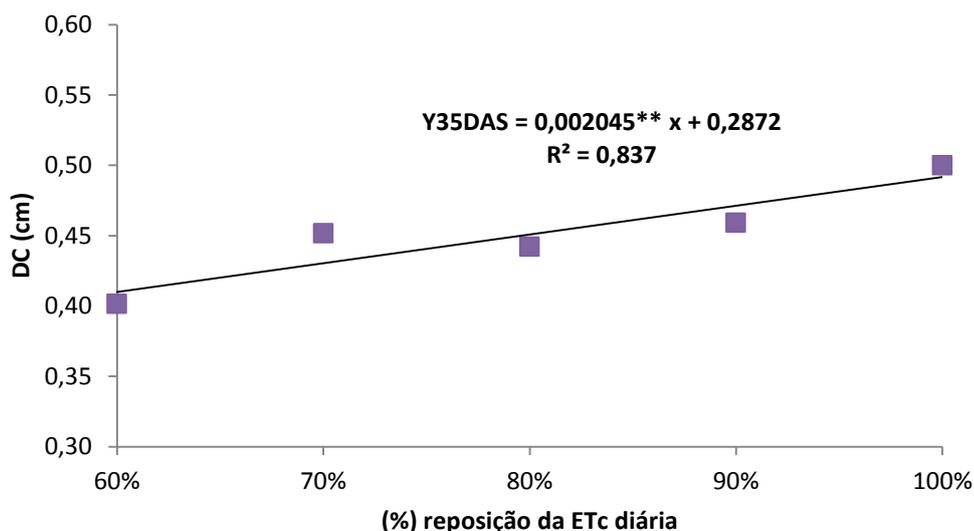


Figura 9. Diâmetro do caule (DC) aos 35 DAS de duas cultivares de feijão-caupi em relação aos cinco níveis de estresse hídrico. Teresina, PI, 2015.

Houve diferenças significativas para o NFT aos 35 DAS e para o TC ao 21 e 35 DAS em relação as cultivares (Tabela 8). Em relação ao ES houve significância para o NFT aos 21 e 35 DAS e o TC apenas aos 35 DAS. Indicando comportamento diferenciado das cultivares e do estresse salino para os caracteres avaliados.

O NFT foi influenciado em relação às interações: C x EH e ES x EH aos 21 e 35 DAS respectivamente; enquanto para o TC os efeitos significativos foram nas interações: C x ES, C x EH e ES x EH aos 35 DAS.

De acordo com Karamanos; Elston; Wadsworth (1982), a ocorrência de estresse hídrico e salino durante a fase vegetativa inicial, provoca redução do crescimento, da superfície fotossintética e menor número de folhas.

Tabela 8. Resumo da análise de variância aos 21 e 35 DAS para os parâmetros NFT e TC de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a dois níveis de estresse salino e cinco níveis de estresse hídrico. Teresina, PI, 2015.

Fontes de Variação	Significância do F			
	NFT		TC	
	21 DAS	35 DAS	21 DAS	35 DAS
Cultivar (C)	0,094 ^{ns}	12,972 ^{**}	44,833 ^{**}	83,638 ^{**}
Estresse salino (ES)	4,611 [*]	9,221 ^{**}	0,692 ^{ns}	185,022 ^{**}
Estresse hídrico (EH)	0,505 ⁻⁻	3,461 ⁻⁻	1,241 ⁻⁻	7,709 ⁻⁻
(C)x(ES)	2,352 ^{ns}	0,244 ^{ns}	0,0079 ^{ns}	31,816 ^{**}
(C)x(EH)	2,741 [*]	1,725 ^{ns}	1,800 ^{ns}	3,402 [*]
(ES)x(EH)	0,317 ^{ns}	2,763 [*]	0,995 ^{ns}	14,362 ^{**}
(C)x(ES)x(EH)	2,411 ^{ns}	1,815 ^{ns}	0,422 ^{ns}	2,254 ^{ns}
Média geral	3,22	5,23	53,464	44,401
CV (%)	20,25	27,07	5,36	7,05

^{ns, **, *} Não significativo, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. (-) Teste F não se aplica.

4.1.3 Números de folhas trifoliadas (NFT)

As plantas que foram submetidas ao NaCl tiveram médias para NFT menores, em relação às não submetidas ao NaCl, o que mostra efeito negativo do sal na formação de folhas trifoliadas (Tabela 9).

Trabalhando em ambiente salino com a cultura do feijão-caupi, Calvet et al. (2013) também constataram uma redução no número de folhas em diferentes estádios de desenvolvimento vegetativo da planta.

Tabela 9. Médias para o número de folhas (NFT) aos 21 DAS do fator estresse salino (ES). Teresina, PI, 2014.

Estresse Salino (ES)	NFT
Sem NaCl	3,36 a
Com NaCl	3,08 b
DMS	0,259

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A BRS Xiquexique apresentou médias superiores aos níveis de 60% e 80% da ETc e a BRS Guariba médias superiores aos níveis de 70%, 90% e 100% da ETc, sendo de 22,85% a maior diferença entre as cultivares no nível 60% da ETc aos 21 DAS para NFT, o que demonstra o que demonstra neste nível a superioridade da cultivar BRS Xiquexique (Tabela 10).

Tabela 10. Médias para o número de folhas trifoliadas (NFT), aos 21 DAS, para a interação cultivar e estresse hídrico (C x EH). Teresina, PI, 2014.

Cultivares (C)	Estresse Hídrico (% ETc) 21 DAS				
	60%	70%	80%	90%	100%
BRS Xiquexique	3,50 a	3,20 a	3,40 a	3,10 a	3,00 a
BRS Guariba	2,70 b	3,50 a	3,20 a	3,20 a	3,40 a
DMS_{COLUMNAS}	0,580				

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A BRS Guariba apresentou a maior média de NFT, enquanto a BRS Xiquexique a menor média aos 35 DAS para cultivares, o que demonstra melhor resposta desta cultivar em relação à outra as reações adversas (Tabela 11).

Tabela 11. Médias para o número de folhas trifoliadas (NFT) aos 35 DAS do fator cultivar (C). Teresina, PI, 2014

Cultivares (C)	NFT
BRS Xiquexique	4,72 b
BRS Guariba	5,74 a
DMS	0,56

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve diferenças significativas para o NFT aos 90% e 100% da ETc. A diferença foi de 61,5% entre os níveis sem e com NaCl aos 90% da ETc, o que demonstra efeito da salinidade associado ao estresse hídrico no NFT (Tabela 12).

Lima et al. (2007) em seu estudo sobre a resposta do feijão-caupi a salinidade da água de irrigação observou-se uma redução no NFT de 34,69% nas plantas irrigadas com o maior nível salino.

Tabela 12. Médias para o número de folhas (NFT) aos 35 DAS da interação estresse salino e estresse hídrico (ES x EH). Teresina, PI, 2014.

Estresse Salino (ES)	Estresse Hídrico (% ETc)				
	60%	70%	80%	90%	100%
Sem NaCl	4,70 a	5,50 a	5,10 a	6,30 a	6,70 a
Com NaCl	4,10 a	5,10 a	5,00 a	3,90 b	5,40 b
DMS _{COLUMNAS}	1,260				

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A análise de regressão mostrou efeito linear para o NFT na média das cultivares aos 35 DAS, indicando crescimento no NFT com a redução dos níveis de estresse hídrico. (Figura 10).

Outro efeito do déficit hídrico sobre a taxa de crescimento das plantas foi evidenciado na diminuição do número de folhas, o que certamente, contribuiu com redução da área fotossintética nas plantas estressadas tal como observaram Távora; Melo (1991) em estudos.

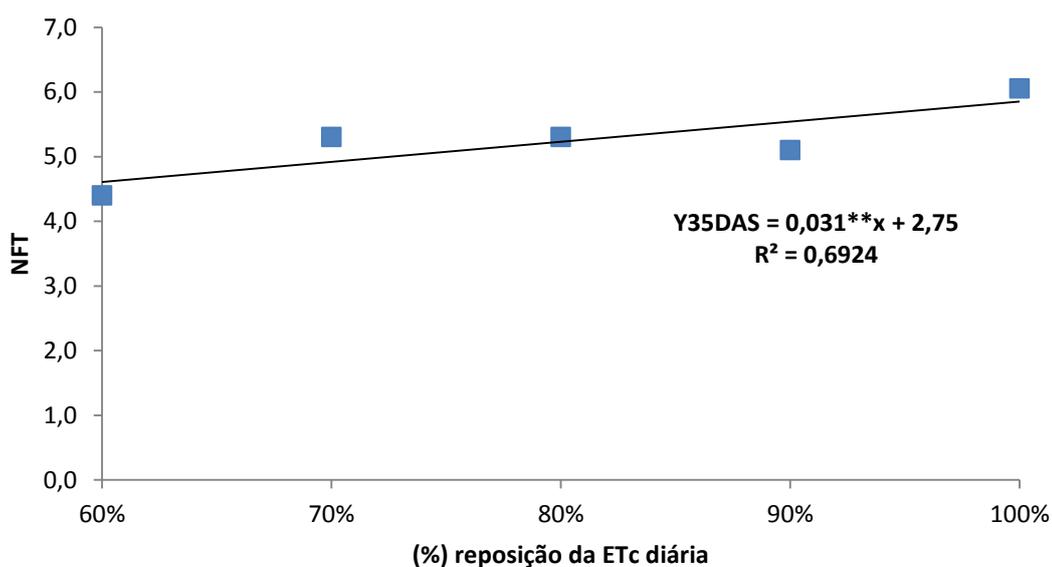


Figura 10. Número de folhas (NFT) aos 35 DAS de duas cultivares de feijão-caupi em relação aos cinco níveis de estresse hídrico. Teresina, PI, 2014

4.1.4 Teores de clorofila (TC)

A BRS Guariba apresentou diferença de 7,4% no TC, em relação à BRS Xiquexique aos 21 DAS, o que ressalta as diferenças na concentração de clorofila nas folhas, mostrando uma especificidade entre cultivares quando submetidas às reações adversas de estresse hídrico e salino (Tabela 13).

Tabela 13. Médias para o teor de clorofila (TC) aos 21 DAS do fator cultivar (C). Teresina, PI, 2014

Cultivares (C)	TC
BRS Xiquexique	51,545 b
BRS Guariba	55,384 a
DMS	1,141

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey($p < 0,05$).

O TC apresentou diferenças significativas em relação à interação C x ES. Na qual a BRS Guariba mostrou diferença de 10% em relação à presença de NaCl, e a BRS Xiquexique uma diferença de 25% para os mesmos níveis (Tabela 14).

Quando comparadas as cultivares em relação ao nível sem NaCl a diferença da BRS Guariba para BRS Xiquexique é de 4,6% e comparando estas mesmas cultivares mais agora para o nível com NaCl a diferença aumenta para 26%, o que demonstra a influência da salinidade no teor de clorofila mostrando diferenças entre as cultivares (Tabela 14).

Segundo Ibarra; Maiti (1995) elevadas concentrações de NaCl aumenta a degradação de clorofilas via atividade clorofilase, e diminuir a sua síntese, em virtude da competição por nitrogênio com outros compostos, como prolina afetando no teor da clorofila das folhas.

Tabela 14. Médias para o teor de clorofila (TC) aos 35 DAS da interação cultivar e estresse salino (C x ES). Teresina, PI, 2014.

Cultivares (C)	Estresse Salino (ES)	
	Sem NaCl	Com NaCl
BRS Xiquexique	47,562 bA	35,516 bB
BRS Guariba	49,756 aA	44,772 aB
DMS _{COLUMNAS}	1,76	1,76

¹Médias com letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve diferenças significativas para o TC na interação C x EH. A BRS Guariba apresentou as maiores médias quando submetidas ao EH em relação à BRS Xiquexique nas mesmas condições. As diferenças no TC chegaram a 22% e 20% entre as cultivares nos níveis de 70% e 80% da ETc, respectivamente, o que demonstra uma maior concentração de fotoassimilados nas folhas da cultivar BRS Guariba (Tabela 15).

O estresse hídrico pode levar à diminuição nas defesas da planta, reduzindo o teor de clorofila e assim diminuindo a atividade fotossintética. A adaptabilidade e tolerância ao estresse hídrico são estratégias intrínsecas diferentes às espécies vegetais (CARVALHO; CASALI, 1999).

Tabela 15. Médias para o teor de clorofila (TC) aos 35 DAS da interação cultivar e estresse hídrico (C x EH). Teresina, PI, 2014.

Cultivares (C)	Estresse Hídrico (% ETc)				
	60%	70%	80%	90%	100%
BRS Xiquexique	39,63 b	38,84 b	39,66 b	44,37 b	45,19 b
BRS Guariba	44,96 a	47,61 a	47,64 a	47,39 a	48,72 a
DMS _{COLUNAS}	2,78				

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

À medida que se aumentou o EH houve variação nas médias do TC. A presença ou não do NaCl mostrou diferenças entre os tratamentos, dos quais os que apresentaram menores médias para TC foram aqueles submetidos ao NaCl.

Aos níveis de 90% e 100% da ETc observaram-se diferenças de 26,7% entre o nível sem NaCl e com NaCl para o TC, o que demonstra efeito do sal na concentração de clorofila nas folhas (Tabela 16).

Ressalta-se que a inibição provocada pelo estresse salino e hídrico se torna mais prejudicial quando resulta em menor expansão foliar, com reflexos negativos na taxa de fotossíntese líquida, prejudicando os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas reduzindo a clorofila foliar (NUNES et al., 2012; GOMES et al., 2011).

Tabela 16. Médias para o teor de clorofila (TC) aos 35 DAS da interação estresse salino e estresse hídrico (ES x EH). Teresina, PI, 2014.

Estresse Salino (ES)	Estresse Hídrico (% ETc)				
	60%	70%	80%	90%	100%
Sem NaCl	44,94 a	45,16 a	46,06 a	52,94 a	54,19 a
Com NaCl	39,65 b	41,29 b	41,24 b	38,82 b	39,72 b
DMS _{COLUNAS}	2,78				

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A análise de regressão mostrou efeito de linear para o TC na média das cultivares aos 35 DAS, indicando crescimento no TC das folhas com a redução dos níveis de EH, o que demonstra que tal estresse influenciou reduzindo as taxas de clorofilas nos fotoassimilados das folhas (Figura 11).

Entretanto, para Leite et al. (1999), considerando que as folhas são os centros de produção da fotossíntese e que o resto da planta depende da exportação de material assimilado da folha para outros órgãos da planta de feijão-caupi, o estresse hídrico nesta cultura, compromete tal exportação, contribuindo para os decréscimos nos teores de clorofila.

Segundo Resende et al. (1981) relataram que plantas submetidas a diferentes níveis hídricos reduzem a turgescência e, conseqüentemente, a expansão celular, o que promove redução no alongamento do caule e da folha e assim afetando a fotossíntese e conseqüentemente a clorofila.

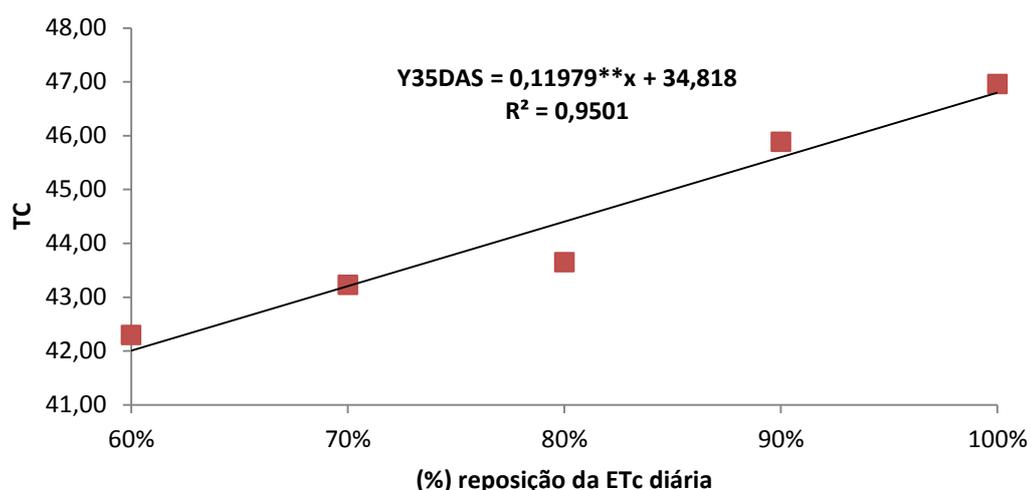


Figura 11. Variação no teor de clorofila (TC) aos 35 DAS de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de estresse hídrico. Teresina, PI, 2014.

4.2 Experimento II

4.2.1 Matéria seca das folhas (MSF) e Matéria seca das plantas (MSP)

A MSF e MSP apresentou significância aos 30 DAS, em relação C e ES. Indicando comportamento diferenciado das cultivares e estresse salino para os caracteres avaliados.

A MSF e MSP apresentou efeito significativo em relação à interação ES x EH aos 30 DAS. Indicando resposta diferenciada da interação na MSF e MSP, o que pode ser explicado pelo efeito dos níveis de sal e estresse hídrico na constituição da fitomassa das folhas, ramos e raízes das plantas (Tabela 17).

Tabela 17. Resumo da análise de variância para matéria seca das folhas (MSF) e matéria seca das plantas (MSP) em (g) aos 30 DAS de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco níveis de estresse hídrico e dois níveis de estresse salino. Teresina, PI, 2015

Fontes de Variação	Significância do F	
	MSF	MSP
Cultivar (C)	10,341 ^{**}	17,283 ^{**}
Estresse salino (ES)	10,509 ^{**}	26,385 ^{**}
Estresse hídrico (EH)	5,324 ⁻⁻	6,788 ⁻⁻
(C)x(ES)	0,150 ^{ns}	1,631 ^{ns}
(C)x(EH)	0,850 ^{ns}	0,663 ^{ns}
(ES)x(EH)	2,759 [*]	3,391 [*]
(C)x(ES)x(EH)	0,640 ^{ns}	0,771 ^{ns}
Média geral	2,380	6,658
CV (%)	35,34	34,70

^{ns, **, *} Não significativo, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. (-) Teste F não se aplica.

A BRS Xiquexique apresentou médias maiores em relação a BRS Guariba para os dois parâmetros avaliados. Isso mostra diferenças entre as cultivares na composição da fitomassa das folhas, ramos e raízes quando submetidas às reações adversas de estresse salino e hídrico, afetando o peso de matéria seca (Tabela 18).

Tabela 18. Médias para o peso de matéria seca da folha (MSF) e matéria seca das plantas (MSP) em (g) aos 30 DAS do fator cultivar (C) em feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.

Cultivares (C)	MSF	MSP
BRS Xiquexique	2,73020 a	7,8983 a
BRS Guariba	2,03150 b	5,4180 b
DMS _{COLUNAS}	0,4388	1,206

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

As cultivares trabalhadas apresentaram as maiores médias de MSF e MSP quando não submetidas à dose de NaCl em todos os níveis de EH. Na MSF o único efeito de significância foi no nível 100% da ETc que representou uma diferença de 99% do nível sem NaCl para o nível com NaCl. Enquanto na MSP o efeito de maior significância foi nos níveis 60% e 100% da ETc, onde a diferença foi de 86% e 46%, respectivamente, entre os níveis sem NaCl e com NaCl (Tabela 19).

Estes resultados corroboram com Leite et al., (1999) quando diz que o déficit hídrico em feijão-caupi provoca menor crescimento, com progressiva redução da matéria seca das folhas, principalmente para os períodos mais prolongados e, principalmente no período reprodutivo.

Tal resultados vão de acordo com Lacerda et al. (2011), que diz sobre a redução da matéria seca da parte aérea em plantas de feijão-caupi irrigado com água salina está relacionada ao desvio de energia em decorrência do aumento dos níveis de salinidade do solo; logo, a redução nos valores da matéria seca da parte aérea pode ser o reflexo do custo metabólico de energia.

É provável que a diminuição da MSP tenha sido resultado do fechamento estomático e conseqüente redução na taxa fotossintética. Reduções na produção de MSP foram igualmente observadas por COSTA (1995); COSTA et al., (1989) observaram que a provável redução da MST seja conseqüência do fechamento estomático, que causou redução na taxa fotossintética e aumento na taxa respiratória.

As alterações na distribuição percentual da matéria seca provocadas pelo estresse salino são condizentes com o fato de que a salinidade, além de reduzir a produção de biomassa pode também alterar a partição de fotoassimilados entre as diferentes partes das plantas (SILVA, 2003).

Tabela 19. Médias para o peso de matéria seca da folha (MSF) e matéria seca da planta (MSP) em (g) aos 30 DAS da interação estresse salino e estresse hídrico (ES x EH). Teresina, PI, 2015.

MSF					
Estresse Salino (ES)	Estresse Hídrico (% ETC)				
	60%	70%	80%	90%	100%
Sem NaCl	2,0707 a	1,7850 a	2,9315 a	2,9825 a	3,8955 a
Com NaCl	1,2198 a	2,0650 a	2,4048 a	2,5008 a	1,9528 b
DMS _{COLUNAS}			0,981		
MSP					
Estresse Salino (ES)	Estresse Hídrico (% ETC)				
	60%	70%	80%	90%	100%
Sem NaCl	6,0648 a	5,1313 a	8,7118 a	8,9443 a	12,100 a
Com NaCl	3,2543 b	4,8040 a	6,2880 a	6,2523 a	5,0308 b
DMS _{COLUNAS}			2,697		

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A análise de regressão mostrou efeitos lineares para o MSF e MSP em relação ao EH, indicando tendência de crescimento com a redução dos níveis de estresse hídrico, o que demonstra que tal estresse influenciou a MSF nos níveis de estresse hídrico (Figura 12).

Em trabalho realizado com feijão-caupi, Leite et al. (2004) afirmam que os efeitos negativos sobre o crescimento da cultura são maiores quando os déficits hídricos apresentam maior duração, independentemente da fase de aplicação, resultando em progressiva redução da matéria seca total, de folhas, flores e frutos.

O estresse hídrico reduz a taxa de assimilação de CO₂, conseqüentemente influenciando de forma negativa a produção de fitomassa. A redução da fotossíntese pela redução da condutância estomática ocasionada pela redução da disponibilidade hídrica é o principal fator responsável pela menor massa total seca das plantas (PIMENTEL et al., 1999).

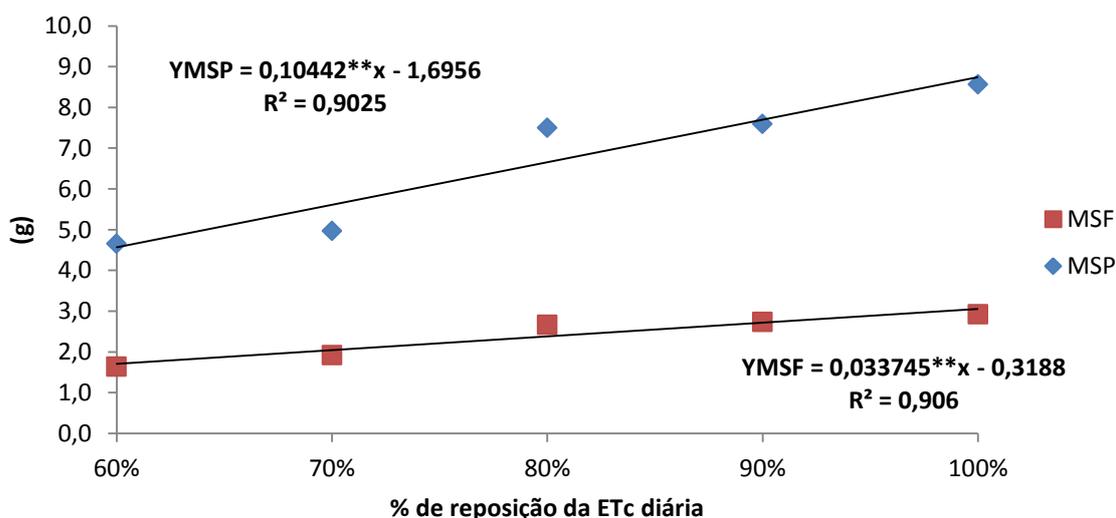


Figura 12. Variação na matéria seca das folhas (MSF) e matéria seca da planta (MSP) aos 30 DAS para os níveis do fator estresse hídrico (EH) de duas cultivares de feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.

A AF e RAF apresentaram significância em relação C e ES aos 30 DAS. Já a AFE apresentou significância em relação a C, C x ES e C x ES x EH). Indicando comportamento diferenciado das cultivares e estresse salino e interações para os caracteres avaliados (Tabela 20).

Tabela 20. Resumo da análise de variância para área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) aos 30 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco níveis de estresse hídrico e dois níveis de estresse salino. Teresina, PI, 2015

Fontes de Variação	Significância do F		
	AF (cm ²)	AFE (cm ² g ⁻¹)	RAF (cm ² g ⁻¹)
Cultivar (C)	12,0936**	5,2560	5,4031*
Estresse salino (ES)	32,7552**	1,9210 ^{ns}	5,3832*
Estresse hídrico (EH)	14,5092 ^{ns}	0,6980 ^{ns}	0,9115 ^{ns}
(C)x(ES)	1,2227 ^{ns}	4,1675*	0,0085 ^{ns}
(C)x(EH)	1,1030 ^{ns}	1,1030 ^{ns}	0,3214 ^{ns}
(ES)x(EH)	6,5791 ^{ns}	6,5791 ^{ns}	1,4771 ^{ns}
(C)x(ES)x(EH)	0,7889 ^{ns}	0,7889*	1,2365 ^{ns}
Média geral	482,96	218,506	81,340
CV (%)	22,10	19,11	28,50

^{ns, **, *} Não significativo, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente (-) Teste F não se aplica

4.2.2 Área foliar (AF)

A BRS Xiquexique apresentou maior média de AF quando comparada a BRS Guariba em relação a C. A diferença correspondeu a 22%, significando uma maior expansão foliar e números de folhas de uma cultivar em relação à outra, o que aumenta sua superfície favorecendo as atividades fisiológicas.

As plantas que foram submetidas ao NaCl tiveram média inferior de área foliar em relação as plantas que não foram submetidas ao NaCl representando diferença de 28,07%, o que mostra o efeito da salinidade na formação do tecido foliar influenciando na sua área (Tabela 21).

Lima et al. (2007) avaliando a resposta do feijão-caupi a salinidade da água de irrigação também observaram redução da área foliar a medida que se as plantas foram submetidas a salinidade, sendo a redução de 65,90% obtido no tratamento salino em comparação com o não salino.

Tabela 21. Médias para área foliar (AF) em (cm²) aos 30 DAS do fator cultivar (C) e do fator estresse salino (ES). Teresina, PI, 2015

Características	Cultivar (C)		Estresse Salino (ES)	
	BRS Guariba	BRS Xiquexique	Sem NaCl	Com NaCl (5,29 dSm ⁻¹)
AF (cm²)	435,037 b	530,893 a	561,843 a	404,088 b
DMS	55,74			

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A análise de regressão mostrou efeitos lineares para o AF nas médias do fator EH, indicando tendência de crescimento com a redução dos níveis de estresse hídrico, o que demonstra que a diminuição nos níveis de água no solo provocou uma redução da área foliar das plantas (Figura 13).

Estes resultados corroboram com Correia; Nogueira (2004), onde a redução da área foliar em plantas sobre déficit hídrico pode ser traduzida numa estratégia de sobrevivência com o intuito de diminuir a área disponível à transpiração.

De acordo com Taiz; Zeiger (2004) o déficit hídrico provoca a redução na área foliar das plantas, fato que ocorre como mecanismo de defesa da planta contra a deficiência hídrica; com a área foliar menor, a transpiração é reduzida, conservando o suprimento de água limitado no solo, por um período maior.

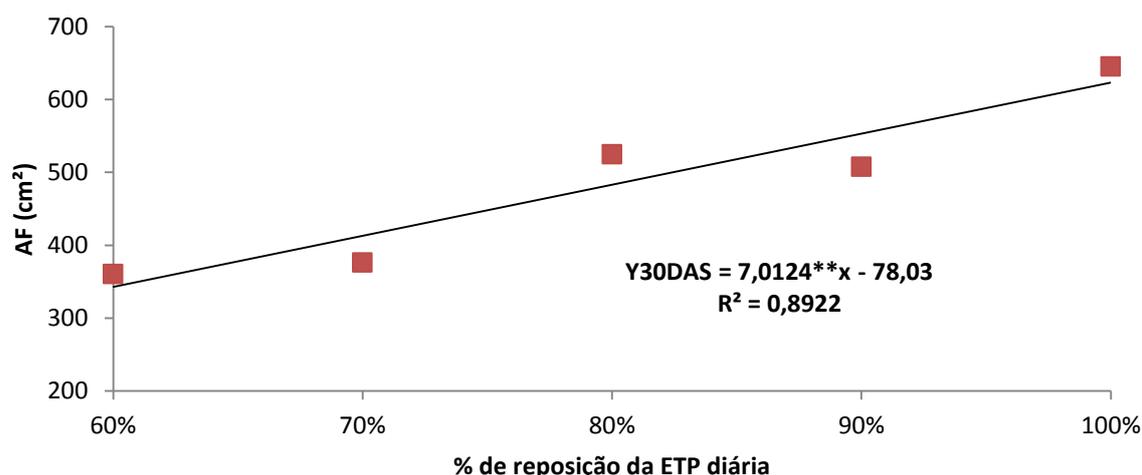


Figura 13. Variação na área foliar (AF) em (cm²) aos 30 DAS para os níveis do fator estresse hídrico de duas cultivares de feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.

4.2.3 Área foliar específica (AFE)

A BRS Xiquexique mostrou média maior no nível sem NaCl para AFE com diferença de 19,69% em relação ao nível com NaCl. Enquanto a BRS Guariba não mostrou efeito significativo para o ES. Quando comparadas as cultivares houve diferenças entre elas no nível com NaCl, onde a BRS Guariba apresentou maior média para AFE em relação à outra cultivar, uma diferença de 24,9%, isso mostra uma relação entre área foliar e peso de matéria seca da folha maior para cultivar BRS Guariba (Tabela 22).

Este resultados são justificado por Nunes et al. (2012); Gomes et al. (2011) quando dizem que a inibição provocada pelo estresse salino se torna mais prejudicial quando resulta em menor expansão foliar, com reflexos negativos na taxa de fotossíntese líquida, prejudicando os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas em geral.

Segundo Larcher, (2004) a diminuição da área foliar específica deve ter sido provocada, em maior parte, pelos efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas, pela baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura ou pela redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina, gerando ainda um distúrbio fisiológico na planta e comprometendo a abertura dos estômatos e assim afetando as folhas. Confirmando essa informação, Lima et al. (2007), ao avaliar o estresse salino em feijoeiro, também constataram diminuição da área foliar específica.

Tabela 22. Médias para área foliar específica (AFE) em (cm² g⁻¹) aos 30 DAS da interação cultivar e estresse salino (C x ES) em feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.

Cultivares (C)	Estresse Salino (ES)	
	Sem NaCl	Com NaCl
BRS Xiquexique	224,62 bA	187,66 bB
BRS Guariba	227,33 aA	234,40 aB
DMS	30,80	

¹Médias com letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Houve diferenças significativas para AFE aos 30 DAS em relação à interação (C x ES x EH). O que mostra um efeito da interação tripla no caractere de AFE. Observando as duas cultivares no nível com NaCl e em todos os níveis de estresse hídrico verificou-se que a BRS Guariba apresentou as médias mais elevadas para AFE, mostrando diferenças percentuais em relação a BRS Xiquexique de 45,6% no nível de 60% da ETc. O que mostra os efeitos dos níveis de estresse hídrico e presença do NaCl na AFE das cultivares, mostrando a diferenças entre elas (Tabela 23).

Segundo Tester; Davenport (2003) este decréscimo da área foliar, possivelmente, está relacionado com um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante.

Como se verificou aumento de massa de matéria seca nas folhas admite-se que, nessa faixa de salinidade, a menor AFE indicaria aumento líquido na produção de massa de matéria seca, notadamente devido ao aumento da espessura das células, ocorrido por um possível ajuste osmótico, resultante da concentração de solutos, contribuindo para expansão celular e manutenção do turgor (Sanchez Blanco et al., 1991; Mahmood; Quarric, (1993).

Tabela 23. Médias para área foliar específica (AFE) em (cm² g⁻¹) aos 30 DAS da interação cultivar e estresse salino e estresse hídrico (C x ES x EH) em feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.

Cultivar x Estresse Salino (C x ES)	Estresse Hídrico (% ETc)				
	60%	70%	80%	90%	100%
Xiquexique x Sem NaCl	229,9 ab	211,0 b	181,6 a	285,0 a	215,4 a
Xiquexique x Com NaCl	168,8 b	169,8 b	202,1 a	190,2 bc	207,2 a
Guariba x Sem NaCl	239,5 a	288,9 a	217,4 a	158,8 c	231,8 a
Guariba x Com NaCl	245,7 a	201,4 b	214,8 a	235,8 ab	274,2 a
DMS _{COLUMNAS}	68,88				

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A análise de regressão não mostrou significância nas médias do EH aos 30 DAS, o que demonstra a não influência dos níveis de estresse hídrico na AFE.

4.2.4 Razão de área foliar (RAF)

A BRS Guariba apresentou maior média quando comparada a BRS Xiquexique. A diferença entre as cultivares quanto a RAF correspondeu a 18,74%. As plantas que foram submetidas ao NaCl tiveram maior média para RAF em relação as plantas que não foram submetidas ao NaCl representando diferença de 16%, indicando uma maior relação AF/MST para o nível sem NaCl (Tabela 24).

Cultivares com RAF maior apresentam elevada transpiração aumentando, concomitantemente, a demanda de água e a concentração de íons Na^+ e/ou Cl^- na parte aérea (FILHO et al., 2004).

A participação da RAF na tolerância ao estresse salino pode ser explicada pela superfície transpirativa da planta, em relação à massa de tecido estar diretamente relacionada à demanda de água e ao transporte de íons Na^+ e/ou Cl^- para a parte aérea (AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000).

Tabela 24. Médias para razão de área foliar (RAF) em ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) aos 30 DAS do fator cultivar (C) e do fator estresse salino (ES). Teresina, PI, 2015

Características	Cultivar (C)		Estresse Salino (ES)	
	BRS Guariba	BRS Xiquexique	Sem NaCl	Com NaCl
RAF ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)	88,298 a	74,382 b	74,395 b	88,285 a
DMS	12,09		12,09	

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A análise de regressão não mostrou significância nas médias do EH aos 30 DAS, o que demonstra a não influência dos níveis de estresse hídrico para RAF.

Houve diferenças significativas para RFR e RPAR, em relação ao (ES) aos 30 DAS. Indicando comportamento diferenciado das cultivares nos dois níveis de estresse salino para a RFR e a RPAR.

Entretanto a RFR e RPAR não apresentaram significância aos 30 DAS em relação às interações, o que mostra que não houve efeito destas interações nas relações de RFR e RPAR. (Tabela 25).

Tabela 25. Resumo das análises de variância para RFR e RPAR aos 30 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco níveis de estresse hídrico e dois níveis de estresse salino. Teresina, PI, 2015.

Fontes de Variação	RFR	RPAR
Cultivar (C)	1,7425 ^{ns}	0,0032 ^{ns}
Estresse salino (ES)	30,139 ^{**}	8,8967 ^{**}
Estresse hídrico (EH)	0,9347 ⁻⁻	0,2336 ⁻⁻
(C)x(ES)	0,4378 ^{ns}	0,0221 ^{ns}
(C)x(EH)	1,4201 ^{ns}	0,3665 ^{ns}
(ES)x(EH)	0,7675 ^{ns}	0,4552 ^{ns}
(C)x(ES)x(EH)	0,4357 ^{ns}	1,0234 ^{ns}
Média geral	1,133	1,953
CV (%)	17,75	25,30

^{ns, **, --} Não significativo, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ⁽⁻⁾ Teste F não se aplica.

4.2.5 Relações Folha e Raiz (RFR) e Relação parte aérea e raiz (RPAR)

As parcelas que foram submetidas ao NaCl tiveram maior média em ambas as relações quando comparadas as que não foram submetidas ao NaCl. Houve uma diferença percentual entre a presença de NaCl e ausência de NaCl de 28,78% e 21,6% respectivamente, o que mostra o efeito do sal na RFR e RPAR (Tabela 26).

Segundo Babalola (1980) e Leite et al. (1999), a translocação de fotoassimilados para as raízes é comprometida em condições de déficit e a exportação de material assimilado da folha para outros órgãos da planta pode ser comprometida, ocasionando decréscimos do crescimento e produção do vegetal.

Segundo Shanonn et al. (1997), as raízes são diretamente expostas aos ambientes salinos, mas seu crescimento é menos afetado que a parte aérea, aumentando assim as relações.

Analisando as relações observa-se que o sistema radicular foi mais afetado que a parte aérea, sendo o efeito mais representativo nas plantas que foram irrigadas com a água de maior nível salino resultados estes que corroboram aqueles encontrados por Souza et al. (2006)

Tabela 26. Médias para relação folha / raiz (RFR) e relação parte aérea / raiz em (g g^{-1}) aos 30 DAS do fator estresse salino (ES) em feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.

Estresse Salino (ES)	RFR	RPAR
Sem NaCl	0,9910 b	1,762 b
Com NaCl	1,2762 a	2,143 a
DMS _{COLUMNAS}	0,104	0,257

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A análise de regressão não mostrou efeitos lineares para a RFR e RPAR aos 30 DAS na média do fator estresse hídrico EH, indicando que não houve influência na relação folha e raiz, e parte aérea e raiz com a redução dos níveis de estresse hídrico.

4.2.6 Taxa de assimilação líquida (TAL), Taxa de crescimento absoluto (TCA) e Taxa de crescimento relativo (TCR).

Houve significância para TAL, TCA e TCR, em relação às (C) e (ES). Indicando comportamento diferenciado das cultivares e efeito dos níveis de estresse salino para os parâmetros de crescimento avaliados.

Entretanto, os parâmetros avaliados não apresentaram significância em nenhuma das interações, o que mostra que não houve efeito destas interações nas taxa de assimilação líquida, na taxa de crescimento absoluto e na taxa de crescimento relativo (Tabela 27).

Tabela 27. Resumo das análises de variância para TAL, TCA e TCR, de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco níveis de estresse hídrico e dois níveis de estresse salino. Teresina, PI, 2015.

Fontes de Variação	Significância do F		
	TAL	TCA	TCR
Cultivar (C)	4,7885 *	4,7885 *	7,3999 **
Estresse salino (ES)	7,2711 *	7,2711 *	18,2830 **
Estresse hídrico (EH)	1,1091 --	1,1091 --	3,9213 --
(C)x(ES)	0,0122 ^{ns}	0,0122 ^{ns}	0,1867 ^{ns}
(C)x(EH)	0,5224 ^{ns}	0,5224 ^{ns}	0,5847 ^{ns}
(ES)x(EH)	0,4980 ^{ns}	0,4980 ^{ns}	2,0875 ^{ns}
(C)x(ES)x(EH)	0,9219 ^{ns}	0,9219 ^{ns}	1,2828 ^{ns}
Média geral	0,0013	0,3696	1,7484
CV (%)	40,61	41,93	25,14

^{ns, **, *} Não significativo, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. (--) Teste F não se aplica.

A BRS Xiquexique apresentou maior média em todas as taxas de crescimento enquanto a BRS Guariba menor média, o que demonstra uma maior relação do crescimento por dias. As diferenças entre a BRS Xiquexique e a BRS Guariba foi de 25,6%, 50% e 19,4%, respectivamente, para TAL, TCA e TCR. (Tabela 28).

Tabela 28. Médias para TAL, TCA e TCR para o fator cultivar (C) em feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.

Cultivares (C)	TAL	TCA	TCR
	g cm ² dia ⁻¹	g dia ⁻¹	g g ⁻¹ dia ⁻¹
BRS Xiquexique	0,00152 a	0,44384 a	1,90275 a
BRS Guariba	0,00121 b	0,29549 b	1,59407 b
DMS _{COLUNAS}	0,00029	0,080	0,229

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

As cultivares submetidas ao NaCl apresentaram as menores médias em todas as taxas de crescimento, em relação as que não foram submetidas ao NaCl. As diferenças entre o nível sem NaCl em relação ao com NaCl para TAL, TCA e TCR foram de 33%, 71% e 32%, respectivamente, o que demonstra efeito do sal sobre as taxas de crescimento (Tabela 29).

Segundo Larcher (2000), os processos de crescimento são particularmente sensíveis ao efeito do sal, de forma que a taxa de crescimento e a produção de biomassa são bons critérios para avaliação do grau de estresse e da capacidade da planta em superar a salinidade.

Tabela 29. Médias para TAL, TCA e TCR para o fator estresse salino (ES) em feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.

Estresse Salino (ES)	TAL	TCA	TCR
	g cm ² dia ⁻¹	g dia ⁻¹	g g ⁻¹ dia ⁻¹
Sem NaCl	0,00157 a	0,46667 a	1,99102 a
Com NaCl	0,00118 b	0,27266 b	1,50581 b
DMS _{COLUNAS}	0,00029	0,080	0,229

¹Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A análise de regressão mostrou efeitos lineares do estresse hídrico para a TCA e TCR, houve tendência de crescimento com a redução dos níveis de

estresse hídrico, o que demonstra que tal estresse influenciou na TAL e TCR nos cinco níveis de estresse hídrico (Figura 14).

Com o aumento da massa acumulada pela planta, ocorre aumento da necessidade por fotoassimilados para a manutenção dos órgãos já formados. Assim, a quantidade de fotoassimilados disponível para o crescimento (TCR e TCA) tende a ser menor (BENINCASA, 2003).

Contudo para a TAL a análise de regressão não mostrou efeitos lineares, indicando que não houve influencia do estresse hídrico nesta taxa de crescimento com a redução dos níveis de estresse hídrico.

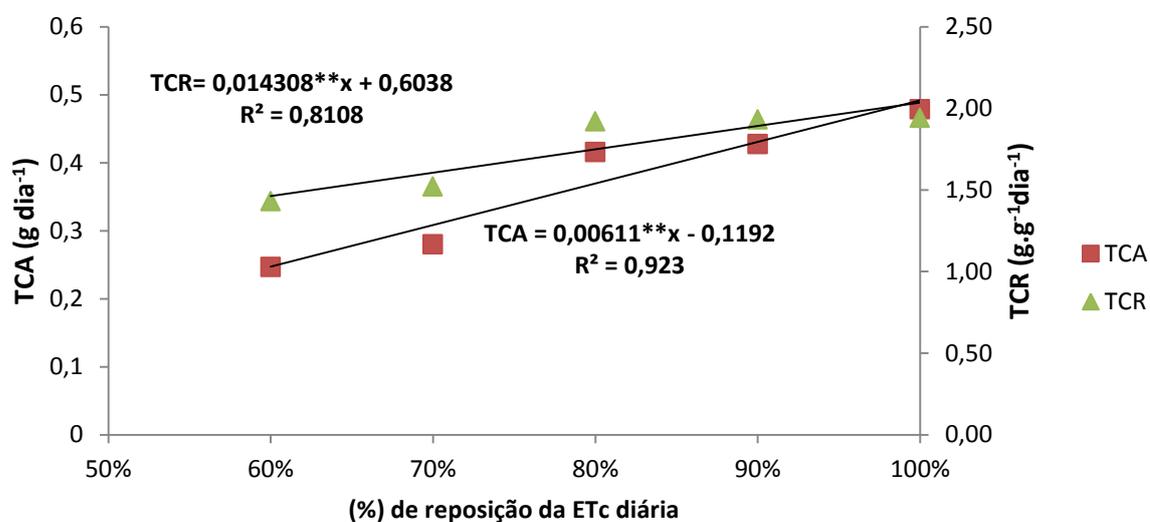


Figura 14. Variação na TCA (g dia⁻¹) e TCR (g g⁻¹.dia⁻¹) para os níveis do fator estresse hídrico de duas cultivares de feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.

5. CONCLUSÕES

Nas condições experimentais em que foi desenvolvida a pesquisa pode-se concluir que:

Não houve diferenças no CRP da BRS Xiquexique em relação à presença e ausência do NaCl. A BRS Guariba apresentou redução quando aplicado o NaCl. Ambas as cultivares apresentaram diferenças no CRP nos diferentes níveis de EH.

O NaCl provocou decréscimo no DC em ambas as cultivares avaliadas. E ambas as cultivares apresentaram diferenças no DC em relação aos diferentes níveis de EH. A BRS Xiquexique sofreu menos efeitos do EH e ES no DC em relação à BRS Guariba.

A presença do NaCl e o EH causou efeito negativo no NFT reduzindo-o.

A BRS Guariba apresentou comportamento superior em relação à BRS Xiquexique quanto ao TC. A presença do NaCl e do EH ocasionou redução do TC nas duas cultivares.

Ambas as cultivares apresentaram reduções na MSF e MSP quando submetidas aos níveis de ES e EH.

Quanto a AF a BRS Xiquexique obteve resultados superiores a BRS Guariba quando submetidas aos níveis de ES e EH.

Apenas a BRS Xiquexique apresentou resultado superior para AFE na ausência de NaCl em relação ao nível com NaCl.

A BRS Guariba apresentou superior a BRS Xiquexique para RAF quando submetidas aos ES e EH. Enquanto ambas as cultivares tiveram RAF superior quando submetidas ao NaCl comparadas ao nível sem NaCl.

Houve um efeito do NaCl nas relações RFR e FPAR.

A presença do NaCl influenciou negativamente o comportamento de ambas as cultivares nos parâmetros de crescimento TAL, TCR e TCA quando comparados com as que não tiveram a presença do NaCl. A BRS Xiquexique obteve resultados superiores e positivos quando comparada a BRS Guaribas em todas as taxas de crescimento.

Apenas a TCA e TCR tiveram influência dos níveis de EH em suas variáveis de crescimento em ambas as cultivares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R. S.; MODA-CIRINO, V.; FARIA, R. T.; VIDAL, L. H. I. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 1-14, 2008.

ALENCAR, A. E. V.; MAIA JÚNIOR, S.O.; ANDRADE, J. R.; NASCIMENTO, R. GOMES, A. H. S. Parâmetros de crescimento de genótipos de caupi submetido a diferentes níveis de salinidade. In: III CONAC – Congresso Nacional de Feijão-caupi, 2013, Recife. **Anais...** Disponível em: Acesso em 01 de Dez de 2013.

ANDRADE, F. N. **Avaliação e seleção de linhagens de tegumento e cotilédones verdes para o mercado de feijão-caupi verde**. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; RODRIGUES, B. H. N.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, M. J. BASTOS, E. A.; MELO, F. de B. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 17-20, 2002.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O. da; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semi-árido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, p. 143-151, maio/ago. 2005.

ANDRADE, E. M.; D'ALMEIDA, D. M. B. A.; MIERELES, A. C. M.; LEMOS FILHO, L. C. A.; DE ARRUDA, F. E. R. Evolução da concentração iônica da solução do solo em áreas irrigadas na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.35, n.1, p.9-16, jan./jun. 2004.

ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. de M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de vagem roxa e grãos brancos para feijão-verde. In: CONGRESSO NACIONAL DE

FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. Tecnologias para o agronegócio: **Anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 121).

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**, v. 9, n. 4, p. 38- 43, 2013.

ASSISTAT. Versão 7.5 beta Por Francisco de A. S. e Silva. DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 07/03/2011. Disponível em: <[HTTP://www.assistat.com](http://www.assistat.com)>. Acessado em: 03 fevereiro 2015.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, UFPB, 1999. 153p.

AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II Análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 159-164, 2000.

BABALOLA, O. Water relations of three cowpea cultivars [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. **Plant and Soil**, v. 56, n. 1, p. 59-69, 1980.

BEEBE, S. E.; IDUPULAPATI, R. A. O.; MATTHEW, W. B.; BUTARE, L. Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. **Crop Science**, v. 48, n. 2, p. 582-592, 2008.

BEN-HUR, M. *et al.* Water and salt distribution in a field irrigated with marginal water under 'high water table conditions. **Soil Science American Journal**, v. 65, p. 191-198, 2001.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP. 42 p. 2003

BENNETT, J. M.; SULLIVAN, C. Y. Effect of water stress preconditioning on net photosynthetic rate of grain Sorghum., **Photosynthetica Jornais Científicos Internacionais** v.15, n.3, p. 330-337,1981.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 7 ed. Viçosa: UFV, 2005, 611 p.

BEZERRA, A. A. de C. **Variabilidade e diversidade genética em caupi (*Vigna Unguiculata* (L) Walp.) precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semiereto**. 1997. 105 p. Universidade Federal Rural de Pernambuco.

BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 1, p. 510, 2003.

BEZERRA, J. R. C.; FREIRE FILHO, F. R. Evapotranspiração da cultura do feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) no município de Teresina – Piauí. In: SEMINARIO DE PESQUISA AGROPECUARIA DO PIAUI, 3,. 1982, Teresina. **Anais...** Teresina: EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1984. p. 304-324.

BOSCHILA, O. **Exportação – feijão amigo**. ANBA. Disponível em: <<http://www.global21.com.br/materiais/materia.asp?cod=18093;tipo=noticia>>. Acesso em: 13/08/2014.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução Normativa nº 12 de 28 mar. 2008**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 mar. 2008. Seção 1, p. 11-14.

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stress. **American Society of Plant Physiologist**, 2000. p. 1158-1203.

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-caupi Irrigado

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

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; LIMA, M. G. Clima e aspectos de plantio. In: CARDOSO, M. J. (Org.) **A cultura do feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa/Meio-Norte, 2000, 264p. (Circular técnica, 28)

CARVALHO, L. M.; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: relações com luz, estresse e insetos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, 1999.

CATUCHI, T. A.; GUIDORIZI, F. V. C.; GUIDORIZI, K. A.; BARBOSA, A. M.; SOUZA, G. M. Respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica sob diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 519- 527,2012.

CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, H. L.; PEREIRA, K. S. N.; DE OLIVEIRA, F. A; GONDIM, S. C.; ARAÚJO, F. A. R. Germination and initial growth of guava plants irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 515-519, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO - CONAB. **Estudos de Prospecção de Mercado, Safra 2012/2013**. Brasília, DF, setembro de 2012. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_11_16_41_03_prospecao_12_13.pdf. Acesso em: 29 JUL 2015.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO - CONAB. **Oitavo levantamento de avaliação da safra 2007/2008**. Brasília, CONAB, 2008. 22p. < http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/12_levantamento_set2008.pdf >. 29 jul. 2015.

CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 4, n. 2, 2004.

COSTA, R. C. L.; CARDOSO, B. B.; SILVA, J. T.; GOMES FILHO, J. G. F.; SILVEIRA, J.A.G. O estresse hídrico diminui intensamente a assimilação do nitrato e a nodulação em feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 4. 1996, Teresina. **Resumos...** Teresina: Embrapa CPAMN, 1996. p. 787.

COSTA, R. C. L.; LOPES, N.; OLIVA, M. A.; BARROS, N. F. Crescimento e conversão da energia solar em feijão submetido a três doses de nitrogênio e dois regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 12, p. 1439-1450, 1989.

COSTA, M. M. M. N. **Comportamento de cultivares de caupi submetidas a deficiência hídrica em duas fases do ciclo fenológico**. 1995. 66f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, p. 390, 1994.

CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS, 1999. cap.6.

CUSTÓDIO, C. C.; VIVAN, M. R.; NUNES, R. C. A.; AGOSTIN, E. A. T. Tolerância cruzada induzida por choque térmico na germinação de semente de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 131-143, 2009.

D'ALMEIDA, D. M. B. A. D.; et al. Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 615-621, 2005.

DAMASCENO, S. K. J. Produção, avanços e desafios para cultura do Feijão-Caupi no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2; Reunião Nacional de Feijão-Caupi, 7., 2009, Belém, PA. Da agricultura de subsistência ao agronegócio: **Anais...** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 1 CD-ROM.

DANTAS, B. F.; RIBEIRO, L. S.; ARAGÃO, C. A. Physiological response of cowpea seeds to salinity stress. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 144-148, 2005.

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

DANTAS, J. P.; FERREIRA, M. M. M.; MARINHO, F. J. L.; NUNES, M. S. A.; QUEIROZ, M. F.; SANTOS, P. T. A. Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de feijão-caupi. **Agropecuária Técnica**, v. 24, n. 2, p. 119-130, 2003.

EHLERS, J. D.; HALL, A. E. Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Field Crops Research**, n. 53, p. 187-204, 1997.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta. 403 p, 2006.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Ecofisiologia e fenologia**. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.

FAO. **Water in agriculture: opportunity untapped**. Rome: food and agriculture organization of the united nations, 2006.

FAO. **Water in agriculture: opportunity untapped**. Rome: food and agriculture organization of the united nations, 2013.

FARIAS, S. G. G. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de glicirídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.)).** 2008. 61 f. Dissertação – (Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande.

FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; STMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S. **Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura.** Guaíba: Agrolivros, 2008. 568 p.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H. Alterações micrometeorológicas na cultura da soja submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 5, p. 661-669, 1992.

FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. de; SANTOS, A. A. dos; SILVA, P. H. S. da. **Características botânicas e agronômicas de cultivares de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).** Teresina: EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1981. 45 p. (EMBRAPA-UEPAE de Teresina. Boletim de Pesquisa, 4).

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ALCÂNTARA, J. dos P.; BELARMINO FILHO, J.; ROCHA, M. de M. BRS Marataoã: novo cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde. **Revista Ceres**, v. 52, n. 303, p. 771-777, 2005 b.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento Genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 29-92, 2005 a.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, S. M. de S. e; SITTOLIN, I. M. BRS Guariba nova cultivar de feijão-caupi para a Região Meio-Norte. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004 a. 1 **Folder.**

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, S. M. de S. e; SITTOLIN, I. M. BRS Xiquexique cultivar de feijão-caupi rica em ferro e zinco. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004b. 1 **Folder**.

FREIRE FILHO, F.R.; ROCHA, M. M.; BRIOSO, P. S. T.; RIBEIRO, V.Q. 'BRS Guariba': white-grain cowpea cultivar for midnort region of Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 6, n. 2, p. 175-178, 2006.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D. e.; RIBEIRO, V. Q.; NOGUEIRA, M. do S. da R. Feijão-Caupi: Melhoramento genético, resultados e perspectivas. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE GENÉTICA E MELHORAMENTO 34 DE PLANTAS, 2009, Fortaleza. O melhoramento genético no contexto atual. **Anais...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/UFC. p. 25-59.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. do S. da R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil**: produção, melhoramento, avanço e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011 b.

FROTA, A. B.; PEREIRA, P. R. **Caracterização da produção do feijão caupi na região Meio-Norte do Brasil**. In: CARDOSO, M. J. (Ed.). A Cultura do Feijã-caupi no Meio-Norte do Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. p. 9-25.

GAZZANEO, L. R. S. **Indução de mutação e seleção em feijão-caupi (*Vigna unguiculata L. Walp*) visando tolerância a salinidade**. 2007. 100 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Genética. Universidade Federal de Pernambuco.

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 submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 365-370, 2011.

HOLANDA, J. P.; AMORIM, J.R.A. **Qualidade de água para irrigação**. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M. (Ed.). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p.137-169.

IBARRA, M. & MAITI, R.K. Biochemical mechanism in Glossy Sorghum lines for resistance to salinity stress. **Journal Plant Physiology**, 146: p. 515-519. 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal: arroz em casca e feijão em grão**. Brasília: IBGE, 2008

KARAMANOS, A. J.; ELSTON, J.; WADSWORTH, R. M. Water stress and leaf growth of field beans (*Vicia faba*, L.) in the field: water potentials and laminar expansion. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 49, n. 6, p. 815-826, 1982.

KOBLITZ, M. G. B. **Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade**. Rio de Janeiro: GUANABARA KOOGAN, 2011. 301 p.

LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; SILVA, F. L. B.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, G. L.; CAVALCANTE, L. F. Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 4, p. 663-675, 2011.

LARCHER, Walter. **Ecofisiologia Vegetal**. Carlos Henrique Britto de Assis Prado (Trad.). São Carlos: RIMA, 2000. 533 p.

LARCHER, Walter. **Ecofisiologia vegetal**. Carlos Henrique Britto de Assis Prado (Trad.). São Carlos: RIMA, 2004. 531 p.

LEITE, M. de LIMA, VIRGENS FILHO, J. S. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas a déficits hídricos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 10 (1): p. 43-51, 2004.

LEITE, M. L.; RODRIGUES, J. D.; MISCHAN, M. M.; VIRGENS FILHO, J. S. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], cv. EMAPA-821. II - Análise de Crescimento. **Revista de Agricultura**, v. 74, n. 3, p. 351-370, 1999.

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

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, F. M.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B. A. Resposta do feijão-caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 79–86, 2007.

LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. de; CHAVES, L. C. G. Impacto da irrigação sobre os solos de perímetros irrigados na bacia do Acaraú, Ceará, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 34-43, 2008.

MAHMOOD, A.; QUARRIC, S. A. (1993). **Efeitos da salinidade sobre o crescimento, as relações iônicas e variáveis fisiológicas de trigo, linhas de adição de disomic de *Thinopyrum bessarabicum* e dois amphiploids..** Melhoramento de Plantas, 110: p. 265-276.

MEDEIROS, J. F. **Salinização em áreas irrigadas: manejo e controle.** In: FOLEGATTI, M. V. et al. Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 2001. v.2, cap.2, p.201-240.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N.; PITOMBEIRA, J. B. Relações fonte-dreno em feijão-de corda submetida à deficiência hídrica. **Ciência Agronômica**, v. 38, p. 95-103, 2007.

MESQUITA, F. R. **Linhagens de feijão: composição química e digestibilidade protéica.** 2005. 44 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos. Universidade Federal de Lavras.

MORALES, M. A.; OLMOS, E.; TORRECILLAS, A.; ALARCON, J. J. Differences in water relations, leaf ion accumulation and excretion rates between cultivated and wild species of *Limonium* sp. grown in conditions of saline stress. **Revista Flora**, v. 196, n. 5, p. 345-352, 2001.

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

MURILLO-AMADOR, B.; TROYO-DIEGUEZ, E.; GÁRCIA-HERNANDEZ, J. L.; LÓPEZ-AGULAR, R.; ÁVILA-SERRANO, N. Y.; ZAMORA-SALGADO, S.; RUEDA-PUENTE, E. O.; KAYA, C. Effect of NaCl salinity in the genotypic variation of cowpea (*Vigna unguiculata*) during early vegetative growth. **Revista Scientia Horticulturae**, v. 108, p. 423-431, 2006.

NASCIMENTO, H. T. S. do; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; DAMASCENO-SILVA, K. J. Produção, avanços e desafios para cultura do feijão-caupi no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 7., 2009, Belém, PA. Da agricultura de subsistência ao agronegócio. **Anais...** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 1 CD-ROM

NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. Tolerância à seca em plantas: Mecanismos fisiológicos e moleculares. **Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, p. 12-18, 2001.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. 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**, v. 13, suplemento, p. 873-881, 2009.

NÓBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; FIDELIS FILHO, J. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 5, n. 3, p. 437-443, 2001.

NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; LIMA NETO, A. J.; REBEQUI, A. M.; DINIZ, B. L. M. T.; GHEYI, H. R. Comportamento de mudas de nim à salinidade da água em solo não salino com biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 11, p. 1152–1158, 2012.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 86-95, 2005.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; LIMA, C. J. G. S.; GALVÃO, D. C. Desenvolvimento inicial do milho-pipoca 'Jade' irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável**, v. 2, n. 1, p. 45-52, 2007.

OLIVEIRA, M. **Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais**. In: GHEYI, H. R. et al. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap.1, p.1-35.

OLLALA MANÃS, M. de S.; JUAN VALERO, J. A. **Agronomia dei riego**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 732p.

PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B. B.; MOHAN R A J, D. R.; DASHIELL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (Ed.). Advances in cowpea research. Ibadan. International Institute of Tropical Agriculture, Tsukuba: Japan International **Research Center for Agricultural Sciences**, 1997. p. 1-12.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas**. 1998. 151 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas, SP: Instituto Agronômico. 1987. 33p. (IAC Boletim técnico nº 114).

PIMENTEL, C.; HÉBERT, G. Potencial fotossintético e condutância estomática em espécies de feijão-caupi sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, p. 7-11, 1999.

PIMENTEL, C. **A Relação da Planta com a Água**. Rio de Janeiro: UFRRJ, Rio de Janeiro, 2004. p. 118-170.

PRISCO, J. T. Possibilidades de exploração de lavouras xerófilas no semiárido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 21, p. 333-342. 1996.

RAMALHO, M. A. P.; SILVA, G. S.; DIAS, L. A. S. Genetic plant improvement and climate changes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, n. 2, p. 189-195, 2009.

RESENDE, M.; HENDERSON, D.W. FERERES, E. Freqüência de irrigação e produção de feijão Kidney. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.16, n.3, p.363-370, 1981.

RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F. Efeitos do crescimento e da folha de temperatura na fotossíntese das mudas de laranjeiras infectadas com *Xylella fastidiosa*. **Patologia de plantas tropicais**, v. 53, p. 334-340, 2004.

RIBEIRO, M. R.; et al. **Química dos solos salinos e sódicos**. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). Química e mineralogia do solo. Parte II – Aplicações. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p.1577. 2012. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 449-484, 2009.

ROCHA, M. de M.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q.; ANDRADE, F. N.; GOMES, R. L. F. **Avaliação agronômica de genótipos de**

feijão-caupi para produção de grãos verdes. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 16 p. (Embrapa Meio-Norte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 67).

ROCHA, M. de M.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; CARVALHO, H. W. L. de; BELARMINO FILHO, J.; RAPOSO, J. A. A; ALCÂNTARA, J. dos P.; RAMOS, S. R. R.; MACHADO, C. de F. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de porte semi-ereto na Região Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1283-1289, set. 2007 b.

ROCHA, M. de M.; FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi (Grãos)**. Agência de Informação Embrapa, MAPA. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arvore/CONTAG01/_56_510200683537.HTML. Acesso: 18 ago. 2013.

ROCHA, M. de M.; OLIVEIRA, J. T. S.; FREIRE FILHO, F. R.; CÂMARA, J. A. da S.; RIBEIRO V. Q.; OLIVEIRA, J. A. de. **Purificação genética e seleção de genótipos de feijão-caupi para a região semiárida piauiense.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 28p. (Embrapa Meio-Norte. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 84).

SÁ, M.; RAMALHO, M. A. O.; SOBRINHO, F. S. Comunicação: morfológicos e fisiológicos de cultivares moderna e antigas de milho. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 26, n. 5, p.1082-1091, 1994.

SANCHEZ BLANCO, M. J.; BOLARIN, M. C.; ALARCON, J. J. e TORRECILLAS, A. Salinity effects on water relations in *Lycopersicon esculentum* and its wild salt-tolerant relative species *L. pennellii*. **Physiologia Plantarum**, 83: 269-274, 1991

SANTOS, P. R.; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; ALMEIDA, E. F.; FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Germinação, vigor e crescimento de cultivares de feijoeiro em soluções salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 882-889, 2009 a.

SANTOS, P. R.; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; FREIRE, M. B. G.; FREIRE, F. J. Acúmulo de cátions em dois cultivares de feijoeiro crescidos em soluções salinas. **Revista Ceres**, v. 56, p. 666-678, 2009 b.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SHANONN, M. C.; GRIEVE, C. M.; FRANCOIS, L. E. Whole-plant response to salinity. In: Wilkinson, R. E. (Ed.). **Plant environment interactions**. New York: Marcel Dekker, 1994. p.199-244.

SHANONN, M. C. **The effects of salinity on cellular and biochemical processes associated with salt tolerance in tropical plants**. In: Proceedings in plant stress in the tropical environment Davenport T. L. Harrington; H. M. (Ed.). Kailu-Kona: University of Florida, 1997, p. 56-63.

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

SILVA, F. E. O.; MACARAJÁ, P. B.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Desenvolvimento vegetativo do feijão-caupi irrigado com 89 água salina em casa de vegetação. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 156-159, jul-set, 2009.

SILVA, K. J. D. E. **Feijão-caupi: uma opção à agricultura familiar e empresarial**. 2007. Disponível em: <<http://www.cifeijao.com.br/index.php?p=p=artigo;idA=19>>. Acesso em: 13 jan. 2014.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, E. M.; AMORIM NETO, M. S. **Análise de crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2000. 47p. (Boletim Técnico, 34).

SILVA, S. da; SOARES, Â. M.; OLIVEIRA, L. E. M. de; MAGALHÃES, P. C. Respostas fisiológicas de gramíneas promissoras para revegetação ciliar de reservatórios hidrelétricos, submetidas à deficiência hídrica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 1, p. 124-133, 2001.

SILVEIRA, P. M. ; STONE, L. F. **Cultivo de feijão irrigado na região noroeste de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/irrigacao.htm>>, 2005.

SINGH, B. B. Genética e melhoramento do feijão-caupi – Uma perspectiva histórica. In: IV Reunião de Biofortificação no Brasil, 2011, Teresina. **Resumos...** Teresina: IV Reunião de Biofortificação no Brasil, 2011.

SINGH, B. B.; EHLERS, J. D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F. R. **Recent progress in cowpea breeding**. In: FATOKIM, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGHT, B. B.; KORMAMA, P. M.; TAMO, M. (ed.). Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production. Ibadan, Nigeria: IITA, 2002. p. 22-38.

SINGH, S. P. Selection for water-stress tolerance in interracial populations of common bean. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 118-124, 1995.

SMARTT, J. Grain. **Legumes: evolution and genetic resources**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 333, 1990.

SORATTO, R. P.; ORIVALDO, A. R. F.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.; SILVA, T. R. B. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do nitrogênio. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 89-96, 2003.

SOUZA, E. de A.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. da S. Distribuição de raízes do mamoeiro fertirrigado com três frequências de aplicações de fósforo. **Revista Magistra**, v. 18, n. 1, p. 14-20, 2006.

SILVA J. V.; LACERDA, C. F.; COSTA, P. H. A.; ENÉAS-FILHO, J.; GOMES-FILHO, E.; PRISCO, J. T. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl₂. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 15, n. 2, p. 99-105, 2003.

STAMFORD, N. P.; SANTOS, D. R.; SILVA, V. M.; SANTOS, C. E. R. S; MONTEIRO, M. C. Fixação do N₂ e matéria seca do feijão-caupi em dois solos do semiárido brasileiro submetidos à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 283-290, 1990.

STEELE, W. M.; MEHRA, K. L. **Structure, evolution and adaptation to farming system and environment in *Vigna***. In: SUMMERFIELD, D. R; BUNTING, A. H. (Eds.) *Advances in legume science*. England: Royol Botanic Gardens, 1980. p. 459-468.

SUDÉRIO, F. B.; BARBOSA, G. K. C.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. O estresse salino retarda o desenvolvimento morfofisiológico e a ativação de galactosidades de parede celular em caules de *Vigna unguiculata*. **Acta Botânica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 17-24, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719 p.

TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. O. Respostas de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Ciência. Agrônômica**, v. 22, n. 1, p. 47-60, 1991.

TERRA, T. G. R. **Avaliação de características morfofisiológicas de tolerância à seca em uma coleção nuclear de acessos de arroz de terras altas (*Oryza***

Sativa L.). 2008. 70f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins- UFT, Gurupi.

TESTER, M., DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 91, n. 5, p. 503-527, 2003.

TORRES, NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; SMITH, R. E. B. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 104, p.199-209, 2005.

URCHEI, M. A; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de Crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. **Manejo eficiente de lafertilizacion nitrogenada de cultivos anuales em America Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Gênese, 2000. 110 p.

VALENZUELA, H.; SMITH, J. COWPEA. Cooperative Extension Service. **College of Tropical Agriculture and Human Resource**, p. 4. 2002.

VAN DEN BERG, A. K.; PERKINS, T. D. Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimate chlorophyll and nitrogen contents in sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) leaves. **Forest Ecology and Management**, v. 200, p. 113-117, 2004.

VERDCOURT, B. Studies in the leguminosae: papilionoideae for the "Flora of tropical East Africa". **Kew Bulletin**, v. 24, p. 507-569, 1970.