

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

JOSÉ OTACILIO DE ASSIS JÚNIOR

**PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-DE-CORDA E ACÚMULO DE SAIS NO SOLO EM
FUNÇÃO DA SALINIDADE DA ÁGUA E DA FRAÇÃO DE LIXIVIAÇÃO**

FORTALEZA – CEARÁ
2007

JOSÉ OTACILIO DE ASSIS JÚNIOR

**PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-DE-CORDA E ACÚMULO DE SAIS NO SOLO EM
FUNÇÃO DA SALINIDADE DA ÁGUA E DA FRAÇÃO DE LIXIVIAÇÃO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof^o. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

FORTALEZA – CEARÁ

2007

B469a Assis Júnior, José Otacílio de

Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo e em função da salinidade da água e da fração de lixiviação

/ José Otacílio de Assis Júnior - Fortaleza, 2006.

66 f. : il

Dissertação (Mestrado) em Irrigação e Drenagem. –
Universidade Federal do Ceará, Departamento de
Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

1. água salina, 2. *Vigna unguiculata*, 3. irrigação,
4. estresse salino

CDD 025.4

JOSÉ OTACILIO DE ASSIS JÚNIOR

**PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-DE-CORDA E ACÚMULO DE SAIS NO SOLO EM
FUNÇÃO DA SALINIDADE DA ÁGUA E DA FRAÇÃO DE LIXIVIAÇÃO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

Aprovada em

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof^o. Dr. Hans Raj Gheyi
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Prof^o. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra
Universidade Federal do Ceará - UFC

Dr. Marlos Alves Bezerra
Embrapa Agroindústria Tropical

DEDICO

Em memória ao meu pai José Otacílio de Assis, que esteja onde estiver, há de está feliz por essa minha conquista. A toda minha família por todo amor e apoio. A minha futura esposa Lidiane Gondim Chaves de Menezes que sempre esteve ao meu lado me fortalecendo para alcançar a conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, ser superior dono de tudo e que sempre me iluminou a tomar as decisões corretas em minha vida para a cada novo amanhecer obter novas conquistas.

Ao professor orientador, Claudivan Feitosa de Lacerda, que foi imprescindível para a conclusão deste trabalho, tendo muitas vezes que ser mais do que um orientador ajudando-me de forma concreta para a conclusão deste trabalho.

Ao curso de pós-graduação em Irrigação e Drenagem do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará – UFC, pela oportunidade concedida de aprimoramento dos meus ínfimos conhecimentos nesta área.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudo durante o curso.

Aos professores do curso de pós-graduação em Irrigação e Drenagem, Dr. Raimundo Nonato Távora Costa, Dr. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez, Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda, Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra.

Ao professor Dr. Enéas Gomes Filho, do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular – UFC, pela concessão da casa de vegetação bem como o Laboratório de Fisiologia Vegetal para a realização das análises.

Aos bolsista de graduação Francisco Leandro Barbosa da Silva e Flavio Batista da Silva que estiveram durante todo o experimento me ajudando e me apoiando para a boa realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola - UFC, Maurício, Aninha, Toinha, Josenias, Ivan, Dr. Almiro, Gláucia e Aurilene pela ajuda e amizade fecunda construída ao longo do curso.

Aos orientados do prof. Claudivan Feitosa de Lacerda, Alexandre José de Aquino, Mauro Régis Vieira, Ponciana Carvalho, Robson Alexandre de Sousa, Eliezer Araújo e Carlos Henrique Sousa, pelo laço de amizade que se formou durante toda minha caminhada.

Aos bolsistas do Laboratório de Fisiologia Vegetal II, do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Carlos Eduardo, Alexcyane, Aldo, Juan, Elton, Raquel, Franklin e Nara Lídia, pela ajuda nas análises bioquímicas.

Aos colegas e amigos de curso de pós-graduação em Irrigação e Drenagem, Alexandre Maia Alves, Alexandre José de Aquino, Esaú Matos Ribeiro, Francisco Sildemberny Souza dos Santos, Francisco Evami de Sousa, Carlos Henrique, Denise Vieira Vasconcelos, Eliana Lee Jorge Rocha, Guilherme Bonfim, Jefferson Nobre, José Aglodoaldo Junior, José Itamar Frota Junior, José Otacílio de Assis Junior, Lílian Cristina Castro Pinto, Luiz Carlos Guerreiro Chaves (Luizin),

Kelly Tagianne Santos de Souza, Maria do Socorro Medeiros de Sousa, Moacir Andrade Rabelo Filho, Marcelo Régis Magalhães Jovino, Mauro Régis Vieira, Marcos Meireles, e Paulo de Cairo Perdigão, pelo convívio durante o curso.

Aos companheiros do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, Raimundo Nonato Paiva, Conceição de Maria Valle França, Maria de Lurdes Cortez de Oliveira, Beneir Laiber Reis e Maria Amália Ferreira que me deram toda condição para conclusão do meu trabalho.

Aos meus verdadeiros amigos Simão Pedro Pinheiro de Andrade Guedes, Felipe Muniz Gadelha Sales, Nilson Lima de Oliveira, Rinaldo Cavalcante Magalhães, Eder Sandro Lima Chaves, Messiano Ladislau Nogueira de Sousa, Francisco Erinardo Holanda Costa, Fernando Manaces Alexandre Nunes e José Vanderlei Caetano, que sempre me deram apoio e acreditaram em minha vitória.

A minha tia Maria José de Moura que foi muito importante no apoio da minha estadia em Fortaleza me ajudando a chegar onde estou hoje.

A todos aqueles que, de forma direta ou indireta – difíceis de nomear, entretanto impossíveis de esquecer-los – contribuíram com este trabalho, no intuito de melhorar a pesquisa brasileira e conceber novas tecnologias que visem o desenvolvimento da agricultura irrigada.

SUMARIO

Página

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

RESUMO	
ABSTRACT	
1	
INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO DE	
LITERATURA.....	19
2.1. Salinidade na agricultura	
irrigada.....	19
2.2. Efeitos dos	
Sais.....	20
2.2.1. Efeito dos sais sobre as	
plantas.....	20
2.2.2. Efeito dos sais sobre os	
solos.....	22
2.3. O Feijão-de-	
Corda.....	23
2.3.1 Aspectos	
Gerais.....	23
2.3.2. Respostas do feijão-de-corda a	
salinidade.....	25
3 MATERIAL E	
MÉTODOS.....	27
3.1. Planta,	
clima e solo.....	27
3.2. Delineamento experimental e	
tratamentos.....	28

		9
3.3.	Preparo	da
Área.....		29
3.4.	Instalação e condução do	
experimento.....		30
3.5.	Crescimento vegetativo	e
produtividade.....		32
3.6.	Medição das trocas	
gasosas.....		32
3.7.	Teores foliares	de
minerais.....		33
3.8.	Coleta	do
Solo.....		33
3.9.		Análises
estatísticas.....		34
4 RESULTADOS E		
DISCUSSÃO.....35		
4.1.	Características do Solo.....	35
4.2.	Crescimento e Produtividade da Cultura.....	37
4.3.	Partição da Matéria Seca da Parte	
Aérea.....		43
4.4.		Trocas
Gasosas.....		45
4.5.	Teores de Íons	nas
Folhas.....		48

	10
5	
CONCLUSÕES.....	54
6 REFERÊNCIAS	
BIBLIOGRÁFICAS.....	55

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 – Layout do experimento.....	29
FIGURA 2 – Vista de uma das parcelas	30

FIGURA 3- Vista das plantas após realizado o desbaste.....30

FIGURA 4 – Visão do hidrômetro enchendo uma das caixas d'água.....31

Figura 5 – Matéria seca de hastes e folhas (A), de vagens (B), de sementes (C) e total (D) de plantas de feijão-de-corda em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. Barras com as mesmas letras, para cada variável analisada, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \geq 0, 05$)39

Figura 6 – Número de vagens por plantas (A), comprimento médio das vagens (B) e massa seca de 1000 sementes (C) de plantas de feijão-de-corda em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. Barras com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \geq 0, 05$).....41

Figura 7 - Condutância estomática (A), taxa de transpiração (B) e taxa de fotossíntese líquida (C) em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos (T1 a T4) e da época de medição (E1 a E4). Barras com as mesmas letras, para cada época, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \geq 0, 05$).....47

Figura 8 – Relação entre a quantidade de semente produzida e a massa seca foliar de plantas de feijão-de-corda em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. Barras sobre as colunas representam o desvio padrão.....48

Figura 9 – Teores de Na^+ (A) e Cl^- (B) em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos (T1 a T4) e da época de medição (E1 a E3). Barras com as mesmas letras, para cada época, não diferem estatisticamente pelo

teste de Tukey ($P \geq 0,05$).....51

Figura 10 – Teores de K^+ (A) e Ca^{2+} (B) em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos (T1 a T4) e da época de medição (E1 a E3). Barras com as mesmas letras, para cada época, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).....53

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1 – Dados meteorológicos médios obtidos durante o cultivo (outubro a dezembro de 2005) e durante o período chuvoso subsequente (janeiro a junho de 2006) correspondentes aos períodos de coletas¹.....27

Tabela 2 – Características físicas e químicas do solo da área experimental.....28

Tabela 3. Valores de condutividade elétrica obtidos em extrato 1:1 (solo/água) e da percentagem de sódio trocável (PST) em diferentes profundidades no solo, em amostras coletadas após o cultivo (final da estação seca) e após o período chuvoso subsequente.....36

Tabela 4 – Valores do quadrado médio e significância estatística para a matéria seca das hastes e folhas (MSHFO), matéria seca dos frutos (MSFR), matéria seca de semente por planta (MSS), matéria seca total (MST), em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....37

Tabela 5 – Valores do quadrado médio e significância estatística para o número de vagens por plantas (NVAG), comprimento médio da vagem (CVAG) e matéria seca de 1000 sementes (MS1000), em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....40

Tabela 6 – Valores do quadrado médio e significância estatística para a distribuição percentual de sementes em peneiras de malhas 17 (P17), 18 (P18), 19 (P19) e 20

(P20), obtidas de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina.....
 .42

Tabela 7 – Distribuição percentual de sementes em peneiras de malhas 17 (P17),
 18 (P18), 19 (P19) e 20 (P20), obtidas de plantas de feijão-de-corda irrigadas com
 água
 salina¹.....4
 3

Tabela 8 – Valores do quadrado médio e significância estatística para a partição da
 matéria seca da parte aérea em folhas (PFO), hastes (PHA), sementes (PSEM) e
 dos pericarpos das vagens (PVAG), em plantas de feijão-de-corda irrigadas com
 água
 salina.....
 43

Tabela 9 – Partição da matéria seca da parte aérea em folhas (PFO), hastes
 (PHA), sementes (PSEM) e pericarpos das vagens (PVAG), de plantas de feijão-
 de-corda irrigadas com água
 salina¹.....44

Tabela 10 – Valores do quadrado médio e significância estatística para a
 condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E) e taxa de fotossíntese líquida
 (A), em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água
 salina.....45

Tabela 11. Valores do quadrado médio e significância estatística para os teores de
 Na^+ ; Cl^- ; K^+ e Ca^{2+} em folhas de feijão-de-corda irrigadas com água
 salina.....
 49

RESUMO

O feijão-de-corda é uma cultura muito importante na dieta das camadas sociais inferiores. O baixo rendimento dessa cultura faz com que cada vez mais a irrigação venha como ferramenta para auxiliar no aumento da produtividade. Porém, com o advento da irrigação o problema da salinidade aumentou bastante. Neste trabalho, avaliou-se o acúmulo de sais no solo e a produtividade do feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], cv. Epace 10, em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. O experimento foi realizado durante a estação seca na área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação/UFC, seguindo um delineamento em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo que cada parcela consistiu de 4 linhas de plantio com o comprimento de 5,0 m. No tratamento 1 as plantas foram irrigadas com água do poço (CEa = 0,8 dS m⁻¹), sem fração de lixiviação; os tratamentos 2, 3 e 4, consistiram de água salina com CEa de 5,0 dS m⁻¹, sem fração de lixiviação, com fração de lixiviação de 0,14 e 0,28, respectivamente. Durante as fases de floração e frutificação foram feitas quatro avaliações de trocas gasosas foliares e três determinações dos teores de Na⁺, Ca⁺², K⁺ e Cl⁻. Ao final do ciclo foram determinadas parâmetros de crescimento vegetativo e reprodutivo, bem como o acúmulo de sais no solo. A aplicação de água salina provocou acúmulo de sais no solo, porém esses efeitos foram parcialmente revertidos pelo aumento da fração de lixiviação; a salinidade reduziu a produtividade de grão, porém não afetou sua qualidade e provocou um aumento de 10% no índice de colheita; a redução na produtividade ocasionada pela salinidade da água deveu-se, em parte, à redução na assimilação líquida de carbono durante as fases de floração e frutificação, associada aos efeitos osmóticos e ao acúmulo de íons potencialmente tóxicos nos tecidos foliares; as frações de lixiviação não tiveram muita influência na superação dos danos provocados pela salinidade sobre a produtividade das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: água salina, *Vigna unguiculata*, irrigação, estresse salino

ABSTRACT

The cowpea is a very important crop in the diet of the inferior social classes, but its productivity is very low, especially in non-irrigated areas. However, the irrigation in semi-arid areas has been associated to soil salinization. The study had the objective to evaluate the effect of water salinity and the leaching fraction on the growth and the productivity of grains of cowpea plants (*Vigna unguiculata*), cv, Epace 10. The experiment was set up in the experimental area of the Laboratório de Hidráulica e Irrigação/UFC, during the dry season. A completely randomized block design, with five repetitions, was adopted. Each experimental unit consisted of 4 lines of plantation of 5.0 m. The treatments studied were: 1. Well water with EC_w of 0.8 dS m⁻¹ (without leaching fraction); 2. saline water with EC_w of 5.0 dS m⁻¹ (without leaching fraction); 3. saline water with EC_w of 5.0 dS m⁻¹ with leaching fraction of 0.14; and 4. saline water with EC_w of 5.0 dS m⁻¹ with leaching fraction of 0.28. During the flowering and fruit development four measurements of gas exchange and three determinations ion concentrations (Na⁺, Ca⁺², K⁺, and Cl⁻) were performed. At the end of the crop cycle, some parameters of vegetative growth and plant yield, and salt accumulation in the soil were observed. The saline water application provoked salt accumulation in the soil profile, but this effect was partially reverted by the increase of the leaching fraction. Salinity reduced plant yield, but it did not affect its quality and caused a 10% increase in the harvest index. The reduction in plant yield was related, at least in part, to decrease in net assimilation of carbon during flowering and fruit development due to osmotic effects and to accumulation of potentially toxic ions. In general, the increase in leaching fraction did not reduce the effect of the salinity on plant development.

KEY WORDS: saline water, *Vigna unguiculata*, irrigation, salt stress

1. INTRODUÇÃO

O feijão-de-corda é uma leguminosa comestível dotada de alto conteúdo protéico, boa capacidade de fixar nitrogênio, e pouco exigente em fertilidade do solo. Tendo como hábitat as regiões de clima quente (úmida ou semi-árida), é cultivado predominantemente, nas regiões Norte e Nordeste do país. Porém, apesar de todas as características favoráveis para um bom desenvolvimento, a produtividade média nacional que era de 649 kg/ha no início da década de 60, reduziu-se para 597 kg/ha na década de 90. Por se tratar de uma cultura de ciclo curto e relativamente exigente em água, a irrigação pode vir a ser uma alternativa viável para a melhoria substancial da produtividade do feijão-de-corda, já que em nossa região a precipitação ocorre de forma muito irregular.

A irrigação tem como objetivo fornecer as culturas à quantidade adequada de água para o seu pleno desenvolvimento e para que se obtenham produtividades cada vez maiores. Os fatores como, quando e quanto de água se deve aplicar, devem ser observados para uma boa eficiência da irrigação. No caso do feijão-de-corda a lâmina ideal de irrigação para uma máxima produtividade varia de 370 a 570 mm durante todo o ciclo (CARVALHO et al., 2000; AZEVEDO NETO, 1997). Para Saunders et al. (1981) e Souza et al. (1986) a lâmina mínima a ser aplicada deve está entre 350 e 400 mm durante o ciclo da cultura.

A prática da irrigação, entretanto, deve ser usada de maneira racional, uma vez que as condições de clima do "polígono das secas" (altas temperaturas, baixa pluviosidade e intensa evaporação) e os elevados teores de sais na água de irrigação, associados à falta ou deficiência de drenagem, têm ocasionado crescentes problemas de salinidade dos solos reduzindo, de maneira acentuada, o crescimento e a produtividade das culturas desenvolvidas na região (GHEYI, 2000). Estima-se que, na região semi-árida, 25% dos solos irrigados estão afetados por diferentes graus de salinidade. Com a incorporação de novas áreas irrigadas, esse problema tende a se agravar (PEREIRA et al., 1985).

Em geral, a agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água. Embora a importância da qualidade só tenha sido reconhecida a partir do final do século passado, isso está mudando devido á reduzida disponibilidade de água não salina e de fácil utilização, em função da maior demanda de água potável, restando como alternativa para irrigação o uso de águas de qualidade inferior (AYERS e WESTCOT, 1999). Dentre as características que

determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis, ou salinidade, é um fator limitante para algumas culturas.

A utilização de fontes de água salina pode, dependendo de sua composição, alterar de forma negativa as propriedades físicas e químicas do solo e, dependendo da sua forma de aplicação, pode provocar graus variados de estresse nos tecidos vegetais (MUNNS, 2002). Em geral, o estresse salino em plantas é acompanhado de acúmulo de íons potencialmente tóxicos e de efeitos osmóticos e nutricionais, que podem afetar a fisiologia, a produtividade, os teores de moléculas orgânicas (LACERDA et al, 2003) e a qualidade da biomassa (VIEIRA, 2006). Estas respostas dependem da espécie vegetal, podendo-se encontrar diferenças, também, entre genótipos de uma mesma espécie, o que é o caso do feijão-de-corda (COSTA et al., 2003). Portanto, a utilização de águas salinas na irrigação de determinada cultura deve ser precedida de estudos científicos que mostrem o seu impacto sobre a quantidade e qualidade dos produtos agrícolas e, também, sobre as propriedades do solo (GHEYI, 2000), buscando-se encontrar os genótipos mais adaptados e as técnicas mais adequadas para minorar os seus efeitos sobre ambiente.

Neste trabalho, avaliou-se o crescimento (vegetativo e reprodutivo) e alguns aspectos da fisiologia da produção do feijão-de-corda, cultivar EPACE 10, em função da fração de lixiviação e da salinidade da água, bem como a variação no acúmulo de sais no perfil do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Salinidade na agricultura irrigada

A necessidade de aumentar a produtividade, muitas vezes sem incremento de área, vem fazendo com que a agricultura irrigada tenha alcançado grande expressividade no setor produtivo mundial, com uma área irrigada no mundo em torno de 260 milhões de hectares, correspondente a 17% da área cultivada, e respondendo por 40% da produção total de alimentos (BARRETO e SILVA, 2004). Entretanto, ao longo do tempo, as áreas irrigadas vêm enfrentando problemas decorrentes do excesso de sais no solo. Estimativas apontam que, da área cultivada na superfície do globo ($1,5 \times 10^9$ ha), 23% das terras são salinas e 37% são sódicas, encontrando-se distribuídas por todos os continentes (TANJI, 1990).

A salinidade é um problema que atinge cerca de 45 dos 260 milhões de hectares da área irrigada do globo terrestre, trazendo sérios prejuízos para a produção agrícola, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas, onde cerca de 25% da área irrigada já se encontra salinizada (FAO, 2000). A região Nordeste do Brasil abrange uma área de 1.600.000 km², dos quais 1.500.000 km² são caracterizados como de insuficiência hídrica, constituindo o "polígono das secas". Nessa região, a irrigação passa a assumir papel fundamental no desenvolvimento da agricultura. O Nordeste brasileiro apresenta uma área potencial de irrigação estimada em seis milhões de hectares, sendo que no semi-árido, as maiores incidências de áreas salinizadas, por meio da ação antrópica, concentram-se nas terras mais intensamente cultivadas com o uso da irrigação nos chamados Perímetros Irrigados (BERNARDO, 1997). Vale salientar, que a intensidade desse problema é bastante variável entre esses perímetros (GHEYI, 2000; BRITO, 2002).

A qualidade da água de irrigação pode ser considerada como um importante fator no processo de salinização, mas nunca deve ser esquecido que ela é tão somente um dos fatores e que não é possível desenvolver um sistema de classificação universal que possa ser utilizado sob todas as circunstâncias (HOORN, 1971; YARON, 1973). Muitos pesquisadores apontam à irrigação mal conduzida como o principal fator de influência, no processo de salinização de um solo. Para Pizarro (1985) e Ayers e Westcot (1999) a água de irrigação é o principal causador de salinidade do solo, tanto pelo transporte e acúmulo de sais, como também, pela elevação do lençol freático.

A salinização de um solo ocorre através de um processo ao longo do tempo, pois de acordo com Rhoades et al. (1992), a água salina raramente contém quantidades de sais suficientes para causar injúrias imediatas às plantas, a menos que ocorra contato foliar. No entanto, a concentração de sais nos solos, aumenta com a irrigação e pode haver evolução da salinidade se técnicas de manejo adequadas não forem adotadas.

Nos diferentes métodos de irrigação (localizada, aspersão e superfície) a água move-se no solo de maneira particular a cada método, ocasionando assim diferentes formas de acumulo de sais no solo, pois o movimento de sais no solo é governado pelo movimento da água. Na irrigação localizada, a água move-se mais ou menos numa forma radial ao redor do emissor. Abaixo do emissor, a água flui verticalmente, no entanto, próximo à superfície do solo, flui horizontalmente e move-se para longe do emissor. Na irrigação por sulcos, os fluxos verticais ocorrem diretamente abaixo dos sulcos e flui lateralmente nas paredes do sulco e eleva-se por capilaridade até o topo da camada do camalhão. Na irrigação por aspersão, quanto mais uniforme for à aplicação de água, mais uniforme será a distribuição de sais no perfil do solo (SANTOS, 2000).

2.2. Efeitos dos Sais

2.2.1. Efeito dos sais sobre as plantas

De acordo com a salinidade as plantas se classificam em halófitas e glicófitas. A variação no comportamento é muito ampla: desde as glicófitas mais sensíveis, que não crescem normalmente nem em conteúdos muito baixos de cloreto de sódio até as halófitas mais resistentes, como *Rhizophora mangle*, *Suaeda marítima* e *Salicornia europea*, que sobrevivem em salinidades próximas à água do mar (LEVITT, 1980)

Inúmeros são os efeitos que o acumulo de sais provoca nas plantas, sendo que de maneira geral podemos dizer que os principais são os efeitos osmóticos, efeitos diretos ou de toxicidade de sais e os efeitos indiretos ou de natureza nutricional. Os problemas ocasionados nas plantas por causa dos sais se iniciam por meio do acumulo destes no solo, gerando um potencial osmótico desfavorável à absorção de água pela planta. À medida que aumenta a concentração salina na

solução do solo, sua pressão osmótica também é aumentada, podendo atingir um nível em que as raízes das plantas não terão força de sucção suficiente para superá-la e, conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido (SANTOS, 2000).

Muitos pesquisadores apontam que um dos principais efeitos da salinidade nas culturas não tolerantes ao sal é a diminuição da taxa fotossintética (CHARTZOULAKIS e LOUPASSAKI, 1997; SILVA et al., 2003). Este efeito ocorre principalmente pelo acúmulo excessivo de íons tóxicos, distúrbios na nutrição mineral e/ou redução na turgescência que favorecem a inibição da expansão foliar afetando o processo fotossintético e reduzindo conseqüentemente a produção de fotoassimilados (MUNNS, 2002). De acordo com Ayers e Westcot (1999), os íons que mais freqüentemente causam toxidade são o cloreto (necrose nas folhas) e o sódio (queimaduras ou necrose ao longo das bordas das folhas). No caso específico do acúmulo de sódio e de cloreto pode ocorrer necrose dos tecidos foliares que se desenvolve inicialmente nas bordas e ápices reduzindo a área destinada à fotossíntese (LACERDA, 2000; SILVA, 2003).

O acúmulo excessivo de sais pode levar à morte dos tecidos, órgãos e até mesmo da planta inteira (BERNSTEIN et al., 1993). Isto ocorre, em grande parte, devido aos distúrbios provocados pelos efeitos dos íons Na^+ e Cl^- acumulados a nível celular, que afetam processos metabólicos vitais, tais como a fosforilação, a cadeia respiratória, a assimilação do nitrogênio e o metabolismo de proteínas (MUNNS, 2002).

Outro problema ocasionado pelos íons Na^+ e Cl^- nas plantas é o efeito do desequilíbrio iônico. Um excesso de Na^+ e, sobretudo, um excesso de Cl^- no protoplasma ocasionam distúrbio em relação ao balanço iônico (K^+ e Ca^{2+} em relação ao Na^+), bem como o efeito específico dos íons sobre as enzimas e membranas (LARCHER, 2000). A salinidade devido ao excesso de Na^+ ou Cl^- pode provocar também a inibição da absorção dos íons K^+ e Ca^{2+} pelas raízes, provocando sintomas de deficiências, afetando também o teor de amins e de proteínas (CRAMER et al., 1991).

Plantas afetadas pela salinidade apresentam desenvolvimento lento e as folhas são menores, apesar de serem mais espessas que a de plantas normais, geralmente apresentam folhas de coloração mais escura que plantas normais, além da redução do número de frutos. De acordo com Lacerda et al (2003) a salinidade afeta o fechamento estomático limitando a assimilação líquida de CO_2 ,

inibe a expansão foliar reduzindo a área destinada ao processo fotossintético e acelera a senescência de folhas maduras, reduzindo conseqüentemente também a produção de fotoassimilados.

2.2.2. Efeito dos sais sobre o solo

A ocorrência de solos salinos está associada a causas naturais (salinização primária) e à atividade humana (salinidade secundária ou antrópica). As principais fontes de salinização primária são o intemperismo químico, especialmente sobre os minerais primários, a precipitação atmosférica e os sais fósseis remanescentes de ambientes marinhos e lacustres (AYERS e WESTCOT, 1999). A salinização secundária está diretamente relacionada à qualidade da água, ao manejo de irrigação e a eficiência do sistema de drenagem (GHEYI, 2000).

Alguns parâmetros são importantes para a análise e identificação de solos afetados por sais, dentro os mais importantes podemos citar a condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}), o pH, a percentagem de sódio trocável (PST) e a razão de adsorção de sódio (RAS). A condutividade elétrica é a capacidade que um material tem de conduzir ou transmitir corrente elétrica. A CE em um solo é influenciada por diversos fatores tais como porosidade, concentração de eletrólitos dissolvidos, textura, quantidade e composição dos colóides, matéria orgânica e teor de água (NADLER e FRENKEL, 1980). De acordo com Richards (1954) os solos são considerados salinos, quando a condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}), é $\geq 4 \text{ dS m}^{-1}$ e a percentagem de sódio trocável (PST) é $< 15\%$, sendo que, o pH desses solos é $< 8,5$. O solo pode conduzir corrente elétrica através da água intersticial que contem eletrólitos dissolvidos e através dos cátions trocáveis que residem perto da superfície das partículas de solo carregado e são eletricamente moveis em vários níveis.

Segundo Le Bissonnais (1995), o aumento da concentração de íons de sódio no solo tende a aumentar a dispersão química das partículas de argila, que acaba por provocar entupimento dos poros e conseqüentemente uma redução na taxa de infiltração da água. Ainda segundo o autor, os íons Na^+ causam maior efeito no aumento da dispersão química das argilas, seguidos pelos íons K^+ , Mg^{++} e Ca^{++} . Todavia, a intensidade com a qual a concentração de cada íon influi na infiltração depende da mineralogia do solo.

O excesso de sais na água de irrigação tem efeito sobre a densidade do solo. Tal efeito pode ser consequência da desestruturação do solo que elimina os poros. Para Pizarro (1985) um dos principais efeitos da salinidade no solo é a sua ação sobre a estrutura do mesmo, em consequência da atuação dos sais no processo de floculação e cimentação dos colóides.

A salinidade é um dos fatores que pode trazer grandes prejuízos a nutrição mineral das plantas, pois o excesso de sais no solo pode aumentar ou diminuir a disponibilidade dos nutrientes nos solos (MENGEL e KIRKBY, 2001). O excesso dos íons Na^+ e Cl^- no solo e, em algumas vezes do SO_4^{2-} , podem acarretar desequilíbrios nutricionais nas plantas. Em geral o excesso de Na^+ pode induzir a deficiência do K^+ e a absorção do NO_3^- pode ser inibida por Cl^- (SHANNON, 1992).

2.3. O Feijão-de-Corda

2.3.1 Aspectos Gerais

O feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é conhecido popularmente como caupi, feijão-de-macáassar e feijão-macáassar (FREIRE FILHO et al., 1983). A origem desta espécie é o continente africano e de acordo com Gandavo (2006) no ano de 1568 já havia a indicação da presença de muitos tipos de feijão no Brasil, e que dentre estes estaria incluído também o feijão-de-corda.

O feijão-de-corda é uma das principais culturas anuais dos trópicos, onde sua importância econômico-social é explicitada pelos mais de 11 milhões de hectares plantados ao redor do mundo (SINGH et al, 2002). Apesar da sua importância, os níveis tecnológicos ainda são muito baixos, especialmente no Brasil, onde tem recebido pouca atenção dos setores agrícolas público e privado (SOUZA e SANTOS, 2005).

Nas áreas urbanas não metropolitanas do Nordeste, o caupi contribui com 41% do feijão consumido, constituindo-se no alimento básico para a população, exercendo a função de supridor das necessidades alimentares das camadas carentes. Suas propriedades nutricionais, relativamente superiores às do feijão comum, e o baixo custo de produção, fazem com que esta cultura seja considerada extremamente importante em termos sociais e econômicos, para a região (ARAÚJO e WATT, 1988).

Na região Nordeste do Brasil, o cultivo do feijão-de-corda quase sempre está associado às incertezas da agricultura de sequeiro e ao sistema de produção de subsistência em consórcio com outras culturas, como o milho (*Zea mays L.*) e a mandioca (*Manihot utilíssima Pohl*) (PINHO et al., 2005). Para Mousinho (2005), o caupi constitui-se na principal cultura de subsistência nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, especialmente no sertão nordestino. Essa cultura tem grande importância na alimentação das populações que vivem nessas regiões, principalmente as mais carentes, pois fornece um alimento de alto valor nutritivo, sendo um dos principais componentes da dieta alimentar, gerando, também, emprego e renda, tanto na zona rural quanto na zona urbana.

De acordo com Freire Filho et al. (1983), considerando-se o tipo de crescimento, o número de nós e o comprimento da haste principal, o número e o comprimento dos ramos laterais, podem-se agrupar as cultivares do feijão-de-corda nos seguintes tipos: ereto, semi-ereto, semi-enramador volúvel, enramador volúvel, semi-enramador prostrado e enramador prostrado.

Quanto ao tipo de solo, o caupi pode ser cultivado em quase todos os tipos, merecendo destaque os Latossolos Amarelos, os Latossolos Vermelho-amarelos, o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, o Neossolo Vértico e o Neossolo Quartzarênico (MELO e CARDOSO, 1999).

O espaçamento entre plantas é muito importante para o aproveitamento da energia solar. O espaçamento de 0,80 a 1,00 m entre linhas em cultivar de porte ramador é bastante utilizado. Para as cultivares de porte moita (ereto e semi-ereto), o espaçamento mais indicado é de 0,50 a 0,60 m. Geralmente, a densidade de sementes na linha de plantio é de cinco a oito sementes por metro (CARDOSO et al., 2005).

A necessidade hídrica da cultura do feijão-de-corda pode variar por diversos fatores, podendo destacar os fatores climáticos, de solo e os intrínsecos a cultura, como por exemplo, a cultivar, como foi observado por Andrade Júnior et al. (2002) em um experimento realizado na área experimental da Embrapa Meio Norte, em Parnaíba - PI, onde se testou quatro lâminas de irrigação (449,1; 428,6; 317,1 e 194,4 mm) para duas cultivares diferentes de feijão-de-corda (BR 17 Gurgueia e BR 14 Mulato). Para a cultivar BR 17 Gurgueia a lâmina de 449,1 mm proporcionou a maior produção de grãos (PG = 2887,91 kg ha⁻¹) e o maior número de vagens por planta (NVP = 26) já para a BR 14 Mulato a melhor lâmina para a variável produção de grãos (PG = 2211,75 kg ha⁻¹) e para número de vagens por

planta (NVP = 15) foi a de 428,6 mm. Para a obtenção da máxima produtividade de grãos, inúmeros trabalhos (~~CARVALHO et al., 1992~~ e ~~AZEVEDO e MIRANDA, 1996~~) mostram que as lâminas de irrigação variam de 370 a 570 mm com reflexo direto na produtividade de grãos de 1376 a 2905 kg ha⁻¹. Segundo Saunders et al., (1981) e Souza et al. (1986), a lâmina mínima de irrigação requerida para o caupi varia de 350 a 400mm.

2.3.2. Respostas do feijão-de-corda a salinidade

Ayers e Westcot (1999) consideram o feijão-de-corda moderadamente tolerante à salinidade, com salinidade limiar do extrato de saturação do solo em torno de 4,9 dS m⁻¹, não apresentando, no entanto, dados comparativos de diferentes genótipos. Já para a salinidade da água, os mesmos autores afirmam que a produtividade máxima do feijão-de-corda pode ser alcançada com uma condutividade elétrica da água (CE_a) de irrigação de até 3,3 dS m⁻¹. De acordo com Dantas et al. (2002), em experimento realizado com o objetivo de se avaliar a tolerância de 50 genótipos de caupi sob salinidade, os genótipos Parambu, IPA 201 e EPACE 10 foram os únicos que desenvolveram mecanismos de tolerância aos níveis de 3,0 e 6,0 dS m⁻¹ de salinidade do solo, podendo ser utilizados como testemunhas em pesquisas futuras. Ainda de acordo com os mesmos autores, quando houve aumento da salinidade, ocorreu uma redução na produção de matéria seca em todos os genótipos estudados.

Vale salientar que diferentes classificações têm sido propostas para o feijão-de-corda em relação à tolerância à salinidade, sendo considerada moderadamente sensível (MAAS e HOFFMAN, 1977; LACERDA, 1995; FAGERIA e GHEYI, 1997, SILVA, 1998) ou moderadamente tolerante (AYERS e WESTCOT, 1999). Essas diferenças podem estar associadas aos diferentes cultivares utilizados nos estudos ou aos parâmetros utilizados na avaliação da tolerância. Larcher (2000), afirma que a produção de biomassa é um bom critério para se avaliar o estresse salino em plantas. As concentrações de sais que restringem o crescimento do feijão variam amplamente entre as variedades, e dependem não só do tipo de sal mas também do tempo de exposição e do seu estágio de desenvolvimento (SHANNON, 1992).

A redução na diferença de potencial osmótico entre o solo e a planta dificulta a absorção de água pelas raízes, ocasionando o fechamento estomático do feijão-

de-corda aos primeiros sinais de estresse, o que confirma ser um dos principais mecanismos da espécie para evitar a desidratação pela redução da transpiração foliar, com conseqüente conservação de valores elevados para o potencial hídrico e o teor relativo de água (GONÇALVES, 1999).

De acordo com Rumjanek et al. (2005), o estresse salino reduz a nodulação da leguminosa pela inibição dos eventos simbióticos iniciais. O feijão-caupi é uma leguminosa que pode ser adaptada a ecossistemas salinos e assim explorar áreas consideradas marginais sob o ponto de vista agrícola. Rizóbios isolados de regiões áridas tem sido descritos como capazes de tolerar elevadas concentrações de sal em meio de cultura.

Uma das primeiras respostas das plantas submetidas ao estresse salino é a redução na taxa de crescimento foliar, reduzindo a área foliar disponível para a fotossíntese (TERRY e WALDRON, 1984). Essa redução na área foliar foi também comprovada por O'Leary (1971) e Sousa (1995) em plantas de *Phaseolus vulgaris*, e em plantas de feijão-de-corda por Silva (1998), Costa et al. (2003) e Aragão et al. (2005). O crescimento radicular é também sensível ao excesso de sais (CRAMER et al., 1989), porém a maioria dos trabalhos mostra que a redução no crescimento é maior na parte aérea do que nas raízes (GREENWAY e MUNNS, 1980).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Planta, clima e solo

O experimento foi instalado na área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, em Fortaleza – CE (3° 45' S; 38° 33' W e altitude de 19 metros em relação ao nível do mar), utilizando-se sementes de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivar EPACE 10, obtidas junto à Secretária de Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará. Segundo a classificação de Köppen esta área está localizada numa região de clima do tipo Aw', por possuir um clima chuvoso, com precipitações de outono a verão e temperatura média maior de 18°C durante o ano inteiro. As informações meteorológicas obtidas durante o cultivo (a semeadura ocorreu em 05/10/2005 e o ciclo da cultura se estendeu até 12/12/2005) e durante a estação chuvosa subsequente são apresentadas na Tabela 1. O período escolhido para a realização do experimento foi o segundo semestre pelo fato de praticamente não ocorrer precipitação nessa época do ano, podendo-se assim analisar com mais eficiência os resultados da irrigação.

TABELA 1. Dados meteorológicos médios obtidos durante o cultivo (outubro a dezembro de 2005) e durante o período chuvoso subsequente (janeiro a junho de 2006)¹.

Elementos Meteorológicos	Durante o cultivo	Período chuvoso
Precipitação total (mm)	20,0	1129,3
Umidade relativa do ar (%)	73,0	80,0
Temperatura Média do ar (°C)	28,0	27,1

¹ Fonte: Estação Meteorológica da UFC

O solo é do tipo Argiloso Vermelho Amarelo, que de acordo com Oliveira e Carvalho (1988) é um dos mais apropriados para a cultura do feijão-de-corda. As principais características físicas e químicas do solo são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Características físicas e químicas do solo da área experimental

Característica	Profundidade (m)		
	0 a 0,30	0,30 a 0,60	0,60 a 0,90
Classe Textural	Franco arenosa	Franco argilo arenosa	Franco argilo arenosa
Dens. Solo (kg dm^{-3})	1,40	1,41	1,29
Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,80	1,00	1,10
Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,80	0,80	0,95
K^+ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,09	0,09	0,06
Na^+ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,22	0,36	0,37
$\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	1,98	2,31	2,55
Al^{3+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,35	0,60	0,46
pH em água (1:2,5)	5,4	5,2	5,0
CE (dS m^{-1})	0,20	0,25	0,29
PST (%)	6	8	8

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições, gerando assim uma área com 20 parcelas distribuídas em 5 blocos, como mostra o layout da área na (FIGURA 1). Cada parcela tinha comprimento de 5,0 m com 4 linhas de plantio, sendo o espaçamento de 0,6 x 0,3 m com duas plantas por cova.

Foram utilizados os seguintes tratamentos: 1) água do poço com CEa em de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$, sem fração de lixiviação; 2) água salina com CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, sem fração de lixiviação; 3) água salina com CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ com fração de lixiviação de 0,14; 4) água salina com CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ com fração de lixiviação de 0,28. A lâmina de irrigação foi determinada pela medição do tanque classe "A" (ETo) e pelo coeficiente da cultura (k_c) da cultura. Os valores de k_c foram 0,70, 1,05 e 0,90 para as fases de crescimento, floração e frutificação e maturação, respectivamente (DOORENBOS e KASSAM, 1994).

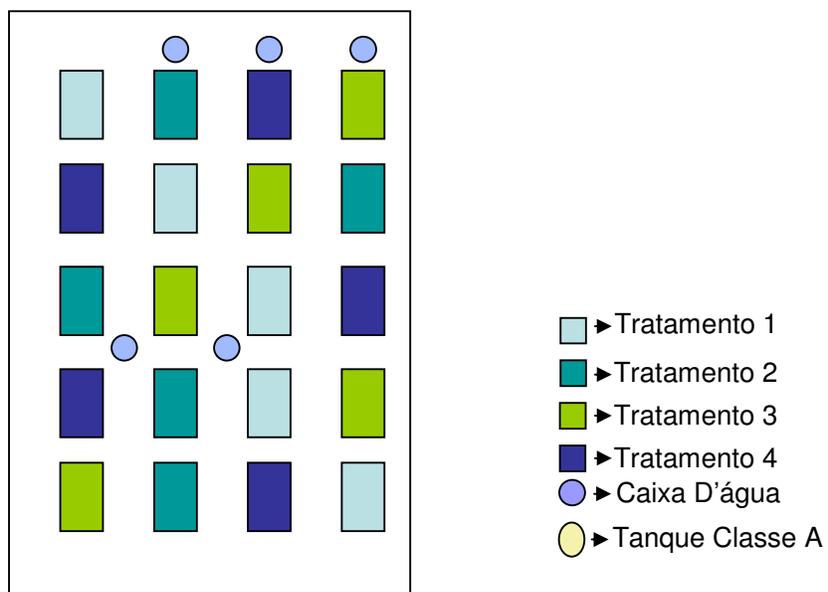
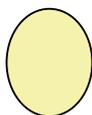


FIGURA 1- Layout do experimento

3.3. Preparo da Área

Aproximadamente 80 dias antes do plantio foi feito uma aplicação de 100 kg de calcário e incorporados com uma aração seguida de duas gradagens cruzadas. Dias antes do plantio foi feito uma sulcagem na área. Após com o auxílio de enxada e um nível de pedreiro os sulcos foram nivelados e feitas parcelas com quatro sulcos fechados de 5 m de comprimentos e espaçados entre si de 0,60 m, como mostra a FIGURA 2, gerando uma área de 12 m² por parcela e de 3,0 m² por sulco.



FIGURA 2 – Detalhe da parcela

3.4. Instalação e condução do experimento

Dias antes da sementeira foi feita uma adubação de fundação que seguiu a recomendação de Fernandes (1993), utilizando-se uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Foi feita a sementeira de quatro sementes por cova e sete dias depois foi feito o desbaste e o replantio, deixando-se apenas duas plantas por cova (FIGURA 3).

Durante o período experimental foi realizado o monitoramento diário para evitar o ataque de pragas e infestação de doenças e de acordo com a necessidade foi feito à aplicação de defensivos agrícolas. Durante todo o ciclo da cultura foram realizadas duas capinas manuais.



FIGURA 3- Plantas após realizado o desbaste

As quatro primeiras irrigações foram feitas com o mesmo volume de água para todos os tratamentos, a partir da quinta irrigação passou-se a utilizar as lâminas e as CE_a respectiva para cada tratamento. Com 15 dias iniciou-se a adição de sais. Antes do início de cada irrigação, de acordo com o volume de água a ser aplicada, era calculado a quantidade de sal por cada caixa d'água. Para o preparo das soluções salinas, foi utilizado o sal NaCl, obedecendo-se à relação entre CE_a e concentração ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1} = CE \times 10$), extraída de RHOADES et al. (1992). O sal (NaCl) era pesado em balança de precisão, dissolvido em baldes de 20 litros e logo após adicionado na caixa d'água, sendo bem misturado para garantir uma boa homogeneização do cloreto de sódio na água de irrigação. Os totais de cloreto de sódio aplicados para todos os tratamentos foram de: 56,48 kg, 64,27 kg e 72,05 kg para os tratamentos 2, 3 e 4 respectivamente.

O turno de rega foi de três dias. Os dados de evaporação foram coletados em um tanque classe A localizado próximo do experimento, o coeficiente do tanque é de 0,8. Foram adotados três estádios de desenvolvimento da cultura e seus respectivos K_c (DOORENBOS e KASSAM, 1994). As lâminas aplicadas durante todo o ciclo para cada tratamento foram de 353 mm para os tratamentos 1 e 2, 402 mm para o tratamento 3 e de 450 mm para o 4. O volume de água nas caixas d'águas e em cada sulco de irrigação foi medido e controlado por meio de um hidrômetro instalado nas mangueiras que abasteciam as caixas (FIGURA 4).



FIGURA 4 – Hidrômetro enchendo uma das caixas d'água

3.5. Crescimento vegetativo e produtividade

A colheita dos grãos se deu diariamente, após a maturação das primeiras vagens e se estendeu até aos 69 DAP. O material colhido foi acondicionado em sacos de papel previamente identificados e levado para secagem ao calor do Sol na casa de vegetação do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Ceará. Com o material foram feitas medições dos seguintes parâmetros agrônômicos: número de vagens, tamanho médio de vagens, peso das vagens, peso total dos grãos secos, peso de 1000 grãos, classificação dos grãos por tamanho selecionado mediante o uso de peneiras.

Aos 70 DAP foi feita a coleta das plantas. Foram coletadas 10 plantas de cada parcela, e em seguida realizada a separação entre folhas e ramos e determinadas suas matérias frescas. Amostras homogêneas de aproximadamente 500 g de folhas e ramos de cada parcela foram acondicionadas em sacos de papel e, após secas em estufa a 60°C, foram pesadas para obtenção do teor matéria seca da parte aérea. A produção de matéria seca em estufa foi obtida multiplicando a matéria fresca das 10 plantas pelo teor de matéria seca das diferentes partes da planta.

Com os dados de produção de matéria seca de cada parte da planta e da planta inteira, calculou-se a partição de matéria seca na parte aérea, a qual foi expressa em percentagem.

3.6. Medição das trocas gasosas

Nas fases de floração e frutificação foram feitas medições das trocas gasosas (taxa de fotossíntese líquida, taxa de transpiração e condutância estomática) e dos teores de íons (Na^+ , Ca^{+2} , K^+ e Cl^-) em folhas completamente maduras. As trocas gasosas foram medidas aos 43 (E1), 50 (E2), 57 (E3) e 64 (E4) dias após o plantio (DAP), utilizando-se um analisador de gás no infravermelho IRGA (ADC System, Hoddesdon, UK), em sistema aberto, com fluxo de ar de 300 mL min⁻¹. As medições ocorreram sempre entre 10:00 e 12:00h, utilizando-se umidade relativa do ar, temperatura e radiação do ambiente.

3.7. Teores foliares de minerais

Aos 43, 57 e 64 DAP foram coletadas duas folhas maduras de duas plantas diferentes situadas no centro de cada parcela. Depois de colhidas as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secagem em estufa de circulação forçada a 60°C, para posterior determinação dos teores de íons.

Nas amostras foliares secas em estufa e finamente trituradas em moinho tipo Wiley foram determinados os teores de Na⁺, Ca⁺² e K⁺. Para determinação destes íons, preparou-se um extrato utilizando 150 mg do pó moído diluído em 15 mL de HCl 1N, e em seguida agitado por 60 minutos e filtrado, utilizando-se papel de filtro de filtração rápida (MIYAZAWA et al., 1984). Os teores de Na⁺, Ca⁺² e K⁺ foram determinados através de fotometria de chama (MALAVOLTA et al., 1989).

Os teores de Cl⁻, foram determinados em extratos aquosos, feitos a partir da diluição de aproximadamente 150 mg do material seco e moído com 15 mL de água destilada deionizada. O homogeneizado foi mantido em agitação durante aproximadamente uma hora e, posteriormente, filtrado em papel de filtro. Para a determinação do Cl⁻, utilizou-se um volume adequado do extrato, completado para 3,0 mL com água desmineralizada. Em seguida, adicionaram-se 0,5 mL de mistura de Hg(SCN)₂ 13,2 mM, em metanol, e de Fe(NO₃)₃ 20,2% (4 + 1), lendo-se a absorvância a 460 nm após 15 minutos. Os teores de Cl⁻ foram determinados por meio de uma curva de calibração, utilizando-se o NaCl como padrão, preparada nas condições anteriores (GAINES et al., 1984).

3.8. Coleta do Solo

As amostras de solo foram coletadas após o cultivo (dezembro de 2005) e após o período chuvoso subsequente (junho de 2006). Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 a 0,30; 0,30 a 0,60 e 0,60 a 0,90 m. em quatro parcelas de cada tratamento, que depois foram homogeneizadas formando uma amostra apenas por tratamento, as quais foram levadas ao Laboratório de Análise de Solos e Plantas do Departamento de Ciência do Solo/UFC para realização das análises químicas (SILVA, 1999). Antes do período chuvoso foi feita aplicação de gesso agrícola para favorecer a lixiviação do sódio.

3.9. Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância, tendo sido realizada a comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, através do programa SAEG/UFV.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características do Solo

Analisando os resultados por tratamentos e perfil de solo em estudo (TABELA 3), percebe-se que no tratamento 1 foram obtidos valores bem abaixo dos demais tratamentos tanto para a CE como para a PST ao longo do perfil de solo analisado, mostrando que a fração de lixiviação não foi capaz de proporcionar a lavagem total dos sais acumulados pela aplicação de água salina. No entanto, verifica-se que nos tratamentos 3 e 4, respectivamente com frações de lixiviação de 0,14 e 0,28, ocorreu distribuição mais uniforme dos sais no perfil do solo, enquanto no tratamento 2 ocorreu maior acúmulo de sais e de sódio nas camadas superiores. Apesar do aumento da CE para os tratamentos 2, 3 e 4, de acordo com a classificação para os solos afetados por sais proposta por Richards (1954), nenhuma das amostras pode ser considerada de um solo salino, pois um solo é considerado salino quando a sua condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) é $\geq 4 dS m^{-1}$. No entanto, foi mensurada a condutividade elétrica no extrato 1:1 (solo:água), indicando que os valores de condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) podem ser maiores que os valores observados na TABELA 3. Dentre todos os tratamentos, o maior valor para a percentagem de sódio trocável encontra-se no tratamento 2 e na profundidade de 0 a 30 cm, podendo isto ser explicado por conta desse tratamento ter sido irrigado com uma água de CE alta ($5,0 dS m^{-1}$) sem nenhuma fração de lixiviação. Segundo Le Bissonnais (1995), os íons Na^+ são os que causam maior efeito no aumento da dispersão química das argilas no solo que acaba por provocar entupimento dos poros e conseqüentemente uma redução na taxa de infiltração da água.

Analisando os valores de condutividade elétrica (CE) e da percentagem de sódio trocável (PST) na TABELA 3, percebe-se que houve, de modo geral, decréscimo dos valores quando comparam-se os valores da coleta de solo realizada após o cultivo (dezembro de 2005) com o da coleta de solo realizada após o período chuvoso em seqüência ao período do cultivo (julho de 2006). Dois fatores principais podem ter sido determinantes para a redução na CE e na PST. O primeiro deles é a lixiviação ocasionada pelas chuvas levando para camadas mais abaixo do perfil do solo os sais acumulados na parte mais acima do perfil do solo.

O processo de lixiviação, segundo AYERS e WESTCOT (1999), é uma maneira efetiva de controlar o aumento gradativo de sais solúveis na zona radicular e, a quantidade extra de água aplicada percola abaixo da zona radicular, removendo pelo menos uma parte dos sais acumulados. O segundo fator de importância foi a aplicação de gesso (CaSO_4), que de acordo com Santos (2000) é o corretivo mais utilizado devido a sua eficiência e ao seu baixo preço. O CaSO_4 libera no complexo de troca do solo íons de Ca^{++} que atuam concorrendo com íons de Na^+ , ocasionando assim uma troca do Ca^{++} pelo Na^+ diminuindo conseqüentemente a CE e a PST. Apenas a aplicação de gesso não é suficiente, pois para que ocorra a reação é necessária a presença de água no solo para dissolução do gesso e para a lixiviar a molécula de sulfato de sódio (Na_2SO_4). A drenagem artificial é indicada para controlar o nível do lençol freático, bem como possibilitar a lixiviação dos sais trazidos na água de irrigação a fim de evitar a salinização do solo (BERNADO et al., 2006). Podemos observar que de um modo geral os valores foram discrepantes entre os tratamentos (TABELA 3), sendo que isto deve ter ocorrido devido, possivelmente, à variabilidade espacial do solo no início do experimento.

TABELA 3. Valores de condutividade elétrica obtidos em extrato 1:1 (solo/água) e da percentagem de sódio trocável (PST) em diferentes profundidades no solo, em amostras de solo coletadas após o cultivo (final da estação seca) e após o período chuvoso subsequente

Trat	CE1:1 (dS m^{-1})			PST (%)		
	0-0,3cm	0,3-0,6 cm	0,6-0,9 cm	0-0,3 cm	0,3-0,6 cm	0,6-0,9 cm
Após o Cultivo (dezembro de 2005)						
1	1,08	0,90	0,56	16	14	13
2	2,16	2,79	0,90	35	23	10
3	1,77	2,33	2,33	28	27	25
4	2,16	2,16	1,58	24	16	16
Após o Período Chuvoso (julho de 2006) ¹						
1	0,25	0,35	0,49	1	2	6
2	0,37	0,30	0,69	4	8	12
3	0,28	0,38	0,72	3	8	10
4	0,29	0,44	0,95	3	8	13

¹ Antes do período chuvoso de 2006 foi realizada aplicação de gesso

4.2. Crescimento e Produtividade da Cultura

Pela TABELA 4, pode-se observar que a salinidade influenciou significativamente a 1% de probabilidade a matéria seca das hastes e folhas (MSHFO), a matéria seca dos frutos (MSFR), a matéria seca de semente por planta (MSS) e a matéria seca total (MST).

TABELA 4. Valores do quadrado médio e significância estatística para a matéria seca das hastes e folhas (MSHFO), matéria seca dos frutos (MSFR), matéria seca de semente por planta (MSS), matéria seca total (MST), em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Fontes de Variação	Quadrado Médio			
	MSHFO	MSFR	MSS	MST
Tratamento	471,2**	399,2**	259,0**	1703,3**
Bloco	34,5 ns	21,9 ns	11,3 ns	36,5 ns
Resíduo	24,5	31,8	22,5	80,3
C.V. (%)	19,3	16,8	17,5	15,5

** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

Na FIGURA 5 tem-se a representação gráfica da matéria seca de hastes e folhas (A), de vagens (B), de sementes (C) e total (D). Para todos os parâmetros o tratamento que recebeu irrigação com água do poço obteve maior produção com diferença estatística dos demais tratamentos pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$). Todos os tratamentos que utilizaram água de irrigação com CE de 5 dS m^{-1} não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Uma das primeiras respostas das plantas submetidas ao estresse salino é a redução na taxa de crescimento foliar, reduzindo a área foliar disponível para a fotossíntese (TERRY e WALDRON, 1984). Essa redução na área foliar foi também comprovada por O'Leary (1971) e Sousa (1995) em plantas de *Phaseolus vulgaris*, e em plantas de feijão-de-corda por Silva (1998), Costa et al. (2003) e Aragão et al. (2005). Um dos fatores que ocasiona a redução na matéria seca segundo Lacerda et al (2003) é o fato de a salinidade acarretar o fechamento estomático, limitando a assimilação líquida de CO_2 , e inibir a expansão foliar e acelerando a senescência de folhas maduras, reduzindo a área destinada ao processo fotossintético e, conseqüentemente, a produção de fotoassimilados

À medida que aumenta a concentração salina na solução do solo, sua pressão osmótica também é aumentada, podendo atingir um nível em que as raízes das plantas não terão força de sucção suficiente para supera-la e, conseqüentemente, não irão conseguir absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido, seca fisiológica (SANTOS, 2000). O suprimento adequado de água para a cultura é um dos principais fatores para garantir uma boa produção de matéria seca (MS) ou biomassa. De acordo com Fancelli e Dourado Neto (1999), a baixa disponibilidade de água para as plantas e uma excessiva taxa transpiratória promovem um imediato fechamento dos estômatos, o que resulta na paralisação da fotossíntese, com serias reduções na quantidade de biomassa. Cabe ressaltar que elevada quantidade de biomassa não significa sempre alta produtividade de grãos. Teores elevados de nutrientes no solo, especialmente nitrogênio, e solos frequentemente úmidos podem favorecer o desenvolvimento vegetativo do feijão-de-corda em detrimento da formação de vagens e grãos (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005).

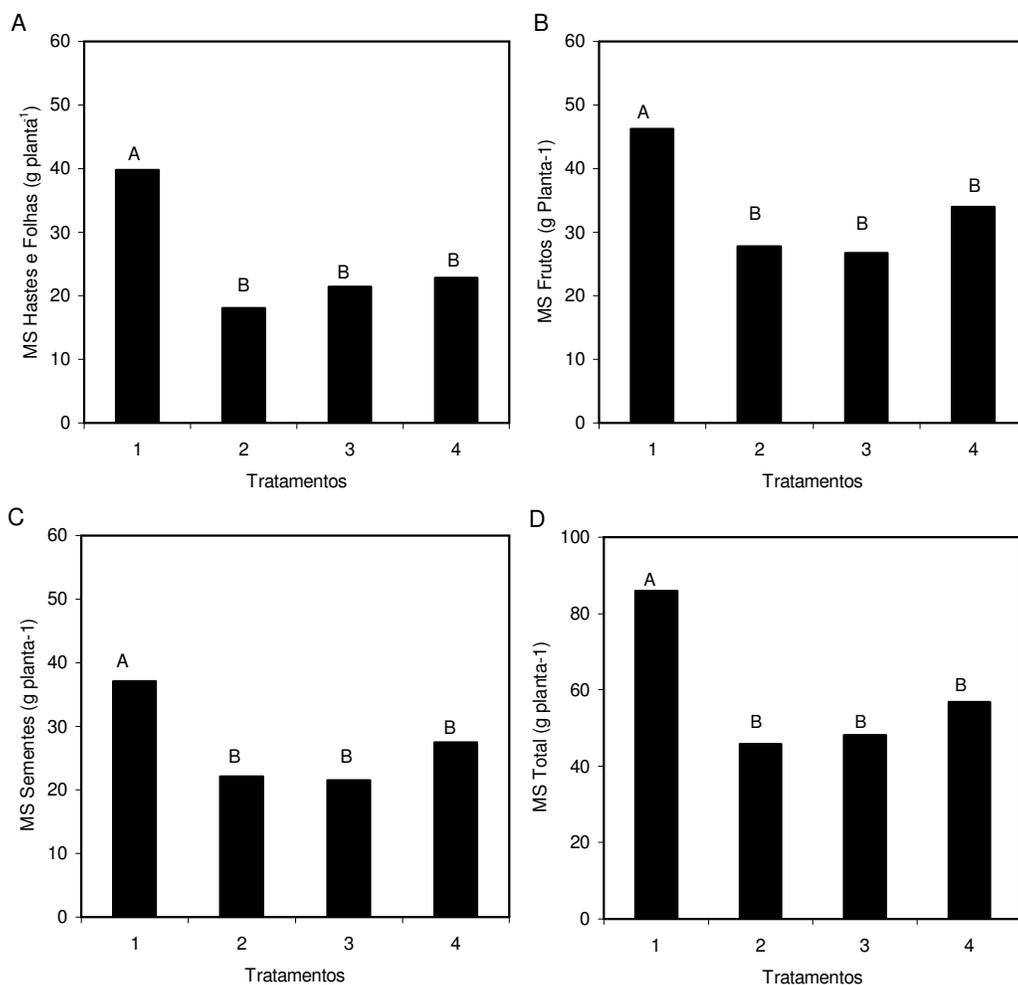


FIGURA 5 – Matéria seca de hastes e folhas (A), de vagens (B), de sementes (C) e total (D) de plantas de feijão-de-corda em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. Barras com as mesmas letras, para cada variável analisada, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

A salinidade influenciou significativamente apenas o número de vagens por plantas (NVAG), com o comprimento médio da vagem (CVAG) e a matéria seca de 1000 sementes (MS1000) não sofrendo influência da qualidade da água e nem da lâmina de irrigação, (TABELA 5).

TABELA 5. Valores do quadrado médio e significância estatística para o número de vagens por plantas (NVAG), comprimento médio da vagem (CVAG) e matéria seca de 1000 sementes (MS1000), em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Fontes de Variação	Quadrado Médio		
	NVAG	CVAG	MS1000
Tratamento	39,7**	2,0 ns	52,2 ns
Bloco	2,4 ns	1,8 ns	5,9 ns
Resíduo	3,8	1,3	36,5
C.V. (%)	17,7	5,9	3,2

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

A FIGURA 6 apresenta três gráficos que representam o número de vagens por plantas (A), o comprimento médio das vagens (B) e o peso de 1000 sementes (C). A produtividade dos grãos do feijão-de-corda resulta do número de vagens (NV) por unidade de área, do número de grãos por vagens (NGV) e do peso de 1000 grãos (P1000G em g) (CARDOSO et al., 2005). O NVAG é um dos importantes componentes de produção quando se estuda a produtividade do feijão-de-corda. Cardoso et al. (1995), avaliando os efeitos da aplicação de diferentes lâminas de irrigação sobre os componentes de produção do feijão-de-corda, obteve para o número médio de vagens por planta uma variação de 13 a 26,2 para todos os tratamentos em estudo. Como podemos observar na FIGURA 6A o número de vagens por planta foi de aproximadamente 15 para o tratamento com água do poço, enquanto nos demais tratamentos o valor deste parâmetro ficou por volta de 10 vagens por plantas, demonstrando que as frações de lixiviação de 0,14 e 0,28 não foram capazes de reduzir os prejuízos ocasionados pela água de baixa qualidade. Esse resultado também demonstra que a salinidade afetou a emissão de ramos reprodutivos, sendo esse componente determinante para a redução na produtividade. Esta redução na produtividade de vagens por planta está diretamente relacionada à redução na produção de fotoassimilados em consequência do fechamento estomático que limita a assimilação líquida de CO₂, em consequência dos efeitos osmóticos dos sais, da inibição da expansão foliar que reduz a área destinada ao processo fotossintético e da aceleração da senescência das folhas maduras que também reduz a produção de fotoassimilados (BERNSTEIN et al., 1993; MUNNS, 2002; LACERDA et al., 2003).

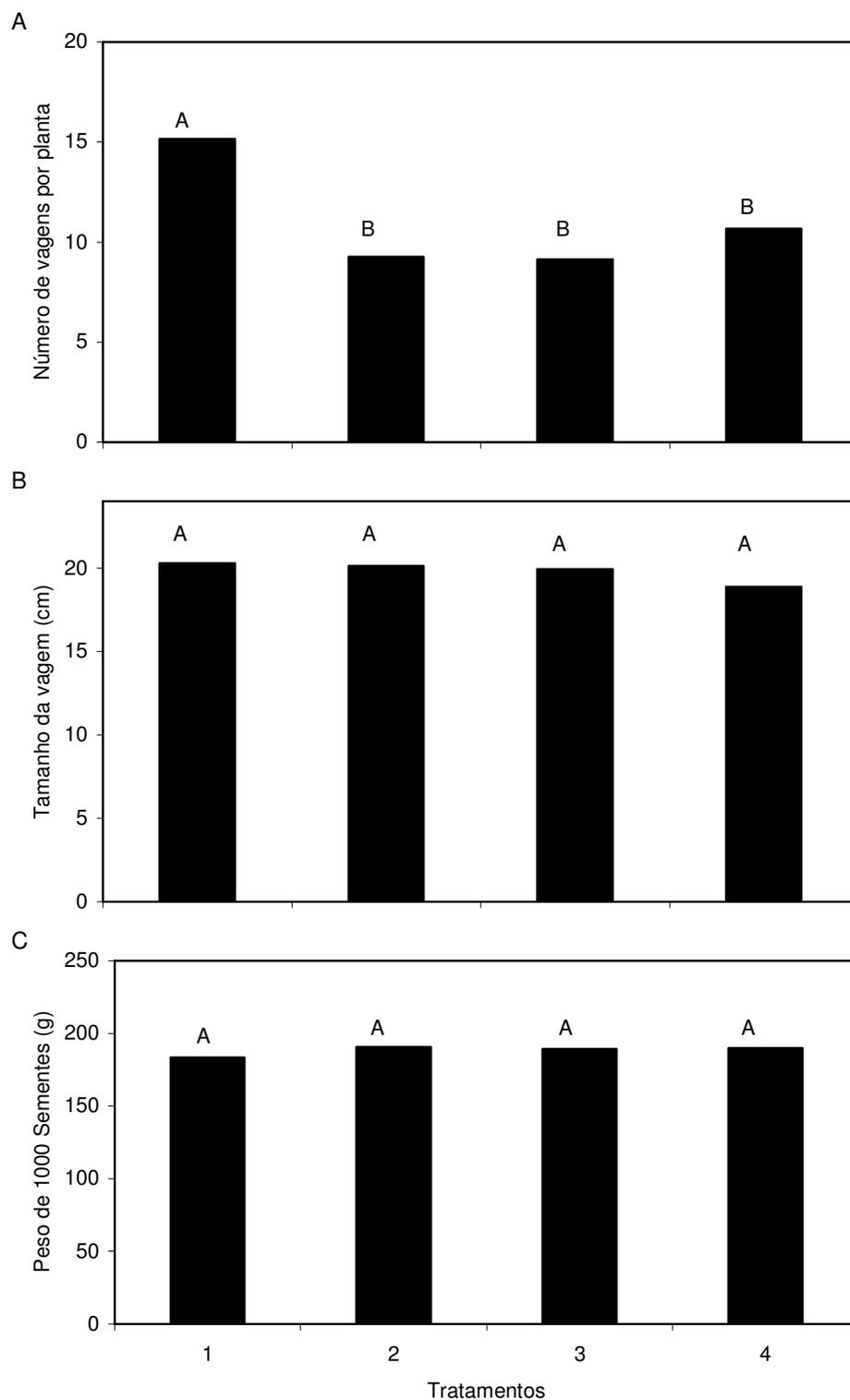


Figura 6 – Número de vagens por plantas (A), comprimento médio das vagens (B) e massa seca de 1000 sementes (C) de plantas de feijão-de-corda em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. Barras com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

Os valores médios encontrados para o tamanho da vagem, cerca de 20 cm (FIGURA 6B), e para o peso de 1000 sementes, cerca de 200 g (FIGURA 6C), estão de acordo com os observados no cultivar EPACE 10 e em outros cultivares dessa espécie (FREIRE FILHO et al., 2005). Também de acordo com Freire Filho et al (2005) os grãos de cor marrom-clara (subclasse mulato), esverdeada (subclasse Sempre-verde) e dos brancos (subclasse Brancão) apresentam peso entre 18 e 22 g, correspondente a um número de 100 grãos. Segundo Summerfield (1980), as vagens do feijão-de-corda medem, em geral, de 12 a 20 cm de comprimento e contêm de 6 a 21 grãos, conforme a cultivar e as condições ambientais. No entanto, não houve diferença entre os tratamentos no que diz respeito a esses dois parâmetros (FIGURAS 6B e 6C), ou seja, eles não foram responsáveis pela redução na produtividade das plantas irrigadas com águas salinas.

Na TABELA 6 tem-se os valores do quadrado médio e significância estatística da distribuição percentual de sementes em peneiras de malhas 17 (P17), 18 (P18), 19 (P19) e 20 (P20). Analisando a significância e os valores dos quadrados médios, percebe-se que só houve diferença estatisticamente para a P18 quando levado em consideração a fonte de variação tratamento. A inexistência de efeitos da salinidade sobre o peso de 1000 sementes, sobre o tamanho das vagens (FIGURA 6) e sobre o diâmetro médio das sementes (TABELAS 6 e 7) sugerem que a salinidade tem pouca influência sobre a qualidade das semente. No entanto, outras avaliações tais como, teores de proteína, teores de amido e teores de minerais podem ser importantes para reforçar essa possibilidade.

Tabela 6. Valores do quadrado médio e significância estatística para a distribuição percentual de sementes em peneiras de malhas 17 (P17), 18 (P18), 19 (P19) e 20 (P20), obtidas de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Fontes de Variação	Quadrado Médio			
	P17	P18	P19	P20
Tratamento	20,3 ns	23,4**	10,2 ns	2,9 ns
Bloco	10,3 ns	2,1 ns	7,1 ns	4,1 ns
Resíduo	52,8	3,5	30,8	3,6
C.V. (%)	21,0	4,7	26,4	41,7

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

Tabela 7. Distribuição percentual de sementes em peneiras de malhas 17 (P17), 18 (P18), 19 (P19) e 20 (P20), obtidas de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina¹

Tratamento	Porcentagem ²			
	P17	P18	P19	P20
1	33,9 a	41,2 a	19,9 a	5,0 a
2	35,9 a	36,8 b	21,9 a	5,4 a
3	36,4 a	39,9 ab	19,7 a	4,0 a
4	32,0 a	41,6 a	22,6 a	3,8 a

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

² A porcentagem foi obtida dividindo-se a matéria seca das sementes retidas na peneira pela matéria seca total das sementes selecionadas nas quatro peneiras; as sementes trituradas corresponderam a cerca de 5% do total colhido em todos os tratamentos

4.3. Partição da Matéria Seca da Parte Aérea

Pelos valores do quadrado médio e significância estatística para a partição da matéria seca da parte aérea em folhas (PFO), hastes (PHA), sementes (PSEM) e dos pericarpos das vagens (PVAG), percebe-se que não houve efeito significativo para nenhum dos parâmetros analisados (TABELA 8).

Tabela 8. Valores do quadrado médio e significância estatística para a partição da matéria seca da parte aérea em folhas (PFO), hastes (PHA), sementes (PSEM) e dos pericarpos das vagens (PVAG), em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Fontes de Variação	Quadrado Médio			
	PFO	PHA	PSEM	PVAG
Tratamento	7,1 ns	20,6 ns	30,3 ns	2,2 ns
Bloco	3,1 ns	39,2 ns	36,8 ns	3,9 ns
Resíduo	6,3	14,3	23,2	1,4
C.V. (%)	15,6	14,3	10,4	10,5

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

Observando-se os resultados da partição da matéria seca na planta, matéria seca da parte aérea em folhas (PFO), hastes (PHA), sementes (PSEM) e pericarpos das vagens (PVAG), nota-se que não houve nenhuma diferença entre todos os tratamentos, mostrando que a salinidade não teve influencia nos fatores em estudo (TABELA 9). Percebe-se que em todos os tratamentos o valor PSEM foi o maior entre todos os parâmetros analisados, variando dentro dos tratamentos de 43,3 a 48,3% do peso total da matéria seca da parte aérea da planta. O peso dos pericarpos das vagens foi o que apresentou menor valor, variando de 10,6 a 12,2% do peso total da parte aérea. No entanto, quando se compara as médias dos tratamentos salinos com as médias do tratamento com água do poço, com os dados da FIGURA 5, verifica-se que os efeitos da salinidade no crescimento vegetativo (hastes e folhas) foram maiores do que os observados para o crescimento reprodutivo (vagens e sementes), sendo as reduções médias de 48 e 36%, respectivamente. Essa alteração na partição de fotoassimilados resultou em um aumento de cerca de 10% no índice de colheita, passando de 43% nas plantas irrigadas com água do poço para 47,2% nas plantas irrigadas com água salina. Esse resultado está de acordo com outros obtidos na literatura (GREENWAY e MUNNS, 1980; GRATTAN e GRIEVE, 1999; SILVA et al., 2003), que mostram que a salinidade além de reduzir a produção de biomassa pode alterar a partição de fotoassimilados entre as diferentes partes das plantas.

TABELA 9. Partição da matéria seca da parte aérea em folhas (PFO), hastes (PHA), sementes (PSEM) e pericarpos das vagens (PVAG), de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina¹

Tratamento	Porcentagem ²			
	PFO	PHA	PSEM	PVAG
1	17,0 a	29,1 a	43,3 a	10,6 a
2	15,0 a	24,7 a	48,1 a	12,2 a
3	17,4 a	26,6 a	45,0 a	11,0 a
4	15,3 a	25,1 a	48,3 a	11,3 a

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

² A porcentagem foi obtida dividindo-se a matéria seca de cada uma das partes pela matéria seca total da parte aérea.

4.4. Trocas Gasosas

A irrigação efetuada com água salina afetou de forma significativa a condutância estomática (g_s), a taxa de transpiração (E) e a taxa de fotossíntese líquida (A) quando a análise é efetuada levando em consideração de forma separada o tratamento e a época da leitura. Já quando a fonte de variação é a interação entre tratamento x época não há diferença estatística pelo teste F a 5% para a condutância estomática (g_s) e para a taxa de transpiração, sendo significativa apenas para a taxa de fotossíntese (A) (TABELA 10).

Tabela 10. Valores do quadrado médio e significância estatística para a condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E) e taxa de fotossíntese líquida (A), em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Fontes de Variação	Quadrado Médio		
	g_s	E	A
Tratamento	1,16**	9,80**	124,9**
Época	1,42**	15,00**	604,6**
Trat x Época	0,05 ns	1,13 ns	13,4*
Bloco	0,03 ns	12,00**	36,1**
Resíduo	0,05	0,59	5,9
C.V. (%)	29,0	9,8	10,2

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

A análise dos resultados de determinação de condutância estomática, taxa de transpiração e taxa de fotossíntese líquida para os quatro tratamentos em quatro épocas distintas durante as fases de floração e frutificação (FIGURA 7) permite afirmar que a água salina influencia todos os parâmetros e que a fração de lixiviação não foi capaz de eliminar completamente os efeitos deletérios do acúmulo de sais no solo, no que diz respeito às trocas gasosas.

Dentre os três parâmetros fisiológicos em estudo a condutância estomática (FIGURA 7A) foi o que apresentou uma maior diferença do tratamento que utilizou a água do poço para os tratamentos em que a irrigação foi efetuada com água salina, com ou sem fração de lixiviação, demonstrando assim que a fração de lixiviação não teve influencia positiva neste fator. O fechamento parcial dos estômatos provocado pela salinidade reduziu as taxas de transpiração (FIGURA

7B), sendo que resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos com essa espécie, em estudos realizados sob condições de casa-de-vegetação (GUIMARÃES, 2005; SOUSA, 2006). O aumento da salinidade também ocasionou redução na taxa de fotossíntese líquida (FIGURA 7C), sendo que as reduções foram mais significativas no tratamento sem fração de lixiviação. A redução na taxa fotossintética pode ser decorrente do fechamento parcial dos estômatos, associado aos efeitos osmóticos da salinidade, e da toxidez iônica sobre o metabolismo (BEZERRA et al., 2005). Conforme SULTANA et al. (1999), a redução na condutância estomática pode provocar declínio na fotossíntese líquida, devido a uma redução na pressão parcial do CO₂ nos espaços intercelulares ou na câmara sub-estomática.

Os resultados indicam que a redução na produtividade das plantas (FIGURA 5) deveu-se, em parte, à limitação na assimilação líquida de carbono pelos tecidos foliares durante as fases de floração e frutificação (FIGURA 7C), conforme tem sido sugerido por outros autores (CHARTZOULAKIS e LOUPASSAKI, 1997; MUNNS, 2002). Deve-se ressaltar ainda, que as plantas irrigadas com águas salinas apresentaram um crescimento foliar em torno de 48% menor que as plantas irrigadas com água do poço (FIGURA 5A), o que certamente limitou a área destinada à produção de fotoassimilados e contribuiu decisivamente para a queda na produtividade da cultura (LARCHER, 2000; MUNNS, 2002). O aumento da fração de lixiviação reduziu os efeitos da salinidade sobre a assimilação líquida de carbono, porém isso não foi suficiente para favorecer a produtividade da cultura, em relação ao tratamento salino sem fração de lixiviação.

Embora tenha havido redução na taxa fotossintética, nota-se na FIGURA 8 que a relação entre a matéria seca de sementes e a matéria seca de folhas não diferiu entre os tratamentos, sendo que cada grama de folha produziu acima de 2,5 gramas de sementes. Algumas das possíveis explicações para essa aparente discrepância podem ser divididas: alterações na partição de fotoassimilados; variações na duração do período de assimilação; A radiação penetra mais facilmente nas plantas estressadas, em função do seu menor crescimento vegetativo e do menor sombreamento de folhas, sendo possível que essas plantas apresentem maior taxa fotossintética média de todas as folhas da planta. Vale salientar, que as taxas fotossintéticas apresentadas na Figura 7 são medições pontuais realizadas sob luz saturante, podendo ter havido mudanças durante os outros momentos do dia.

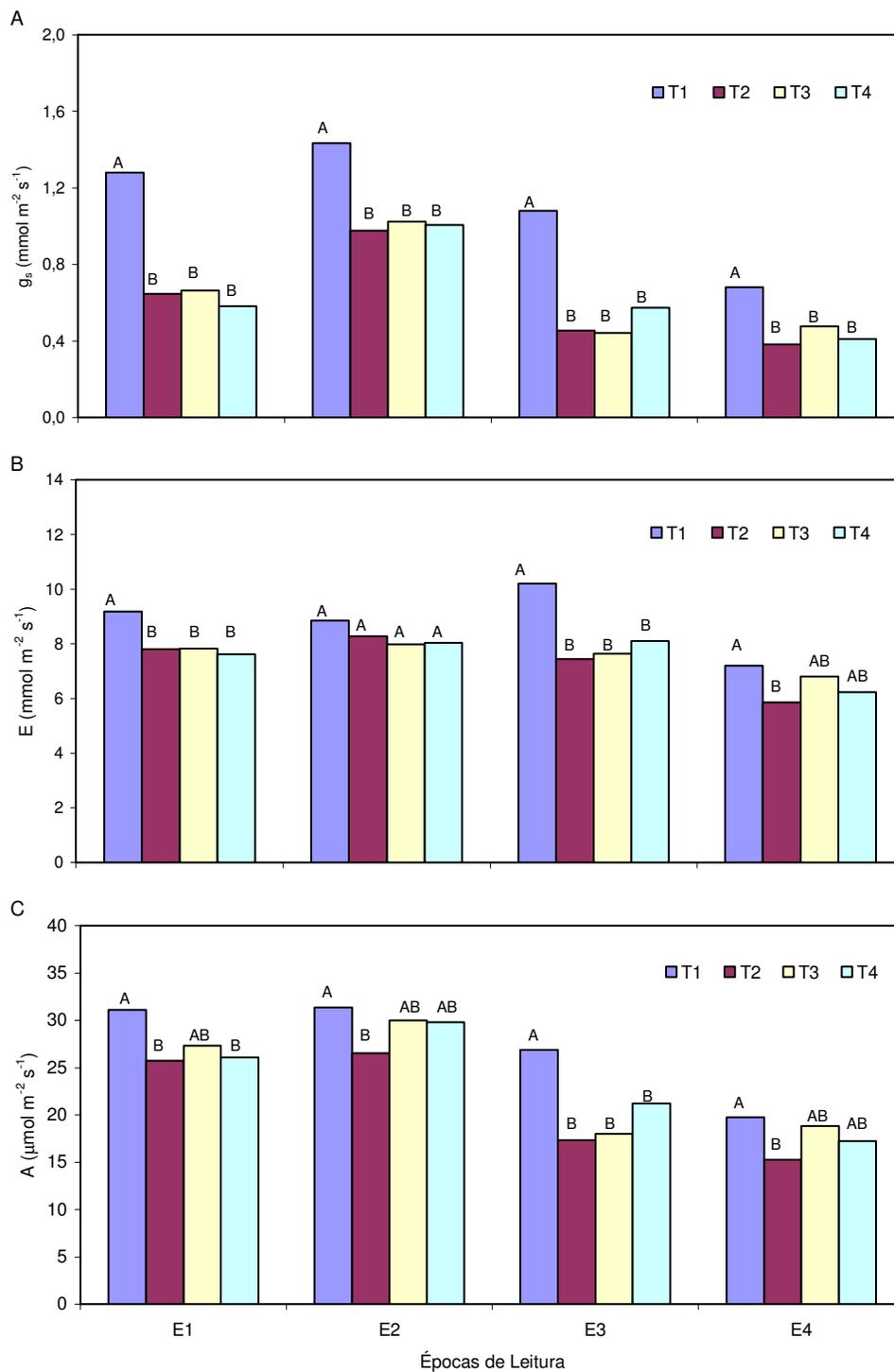


Figura 7 - Condutância estomática (A), taxa de transpiração (B) e taxa de fotossíntese líquida (C) em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos (T1 a T4) e da época de medição (E1 a E4). Barras com as mesmas letras, para cada época, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \geq 0, 05$).

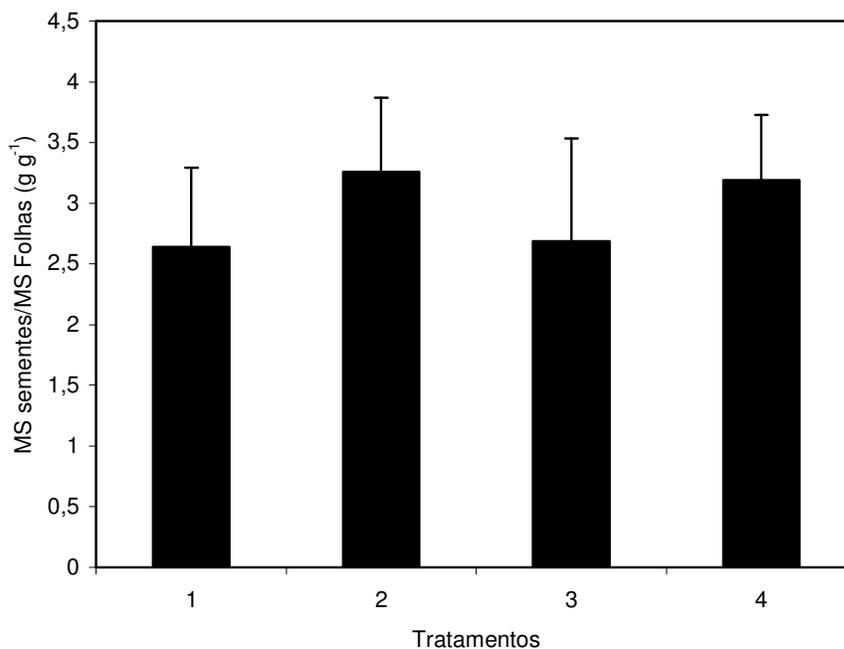


Figura 8 – Relação entre a quantidade de semente produzida e a massa seca foliar de plantas de feijão-de-corda em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. Barras sobre as colunas representam o desvio padrão.

4.5. Teores de Íons nas Folhas

Analisando-se a TABELA 11, observa-se que a salinidade da água de irrigação exerceu efeito significativo nos teores de Na^+ ; Cl^- ; e Ca^{2+} ao nível de 1% de probabilidade, e apenas o potássio não apresentou significância estatística. Quanto à interação entre tratamentos e épocas de coleta verifica-se que todos os íons apresentaram significância estatística, sendo que para os íons sódio e o potássio a significância foi de 5% e para os íons Cl^- e Ca^{2+} a significância foi ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 11. Valores do quadrado médio e significância estatística para os teores de Na⁺; Cl⁻; K⁺ e Ca²⁺ em folhas de feijão-de-corda irrigadas com água salina

Fontes de Variação	Quadrado Médio			
	Na	Cl	K	Ca
Tratamento	0,120**	858,5**	4,86 ns	21,53**
Época	0,130**	86,9 ns	60,82**	75,29**
Trat x Época	0,043*	162,7**	7,52*	8,76**
Bloco	0,079**	12,3 ns	1,35 ns	1,64 ns
Resíduo	0,017	29,1	3,10	1,33
C.V. (%)	23,9	12,9	14,2	10,6

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

Analisando a influencia da salinidade da água de irrigação no acumulo do íon sódio nas folhas, percebe-se que houve influencia ao longo do tempo (FIGURA 9A). Nota-se que na época de medição 1 o valor do íon sódio não apresentou diferença entre todos os tratamentos e que a partir da medição 2 os tratamentos em que foram utilizadas águas salinas na irrigação aumentaram significativamente o teor do Na⁺ nas folhas enquanto que no tratamento em que a irrigação foi efetuada com a água do poço o teor do íon Na⁺ praticamente não foi alterado ao longo do tempo. Segundo Dias (2004), o comportamento das plantas em relação à salinidade pode variar de acordo com o estágio de desenvolvimento, embora não seja claro se isto é devido à suscetibilidade à salinidade em um determinado estágio de crescimento ou ao longo período em que a planta ficou exposta à salinidade, ou a interação entre estes fatores. De acordo com Shannon (1992) as concentrações salinas que restringem o crescimento do feijão variam amplamente entre as variedades e dependem não só do tipo de sal, mas também do tempo de exposição e do estágio de desenvolvimento. De um modo geral, pode-se considerar que os teores de Na⁺ foram baixos, representando assim uma boa capacidade de exclusão do íons na planta (TRINDADE et al., 2006). Guimarães (2005) e Sousa (2006) estudando a influência da salinidade nos teores de sódio em folhas de feijão-de-corda, encontraram resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho, embora os teores encontrados tenham sido bem superiores.

No tratamento em que a irrigação foi efetuada com uma fração de lixiviação de 0,28 não apresentou diferença, no acúmulo do íon Cl^- nas duas primeiras coletas, em relação ao tratamento com água de irrigação do poço. Já os tratamentos 2 e 3 apresentaram diferença significativa desde a primeira coleta no que diz respeito ao acúmulo do cloreto nas folhas, quando comparado com o tratamento 1 (FIGURA 9B). Conforme afirma Larcher (2000), a redistribuição do íon cloreto pela planta apresenta-se como forma de sobrevivência em solos salinos. De acordo com Taiz e Zeiger (2002), muitas halófitas, sob condições salinas, acumulam grande quantidade de íons nas folhas, que, no entanto são mantidos compartimentalizados nos vacúolos das células, onde contribuem para o potencial osmótico sem afetar os sistemas enzimáticos do citoplasma. Nas glicófitas (plantas sensíveis aos sais), a falta de capacidade de compartimentalizar os íons nos vacúolos sugerem que os mesmos se acumulam no citoplasma, causando toxidez e afetando o crescimento da planta. Vale salientar que tanto o acúmulo de Na^+ como o de Cl^- pode ter contribuído para a inibição do crescimento e rendimento da cultura, visto que as plantas cultivadas, de modo geral, têm baixa capacidade de compartimentalizar esses íons nos vacúolos, ocorrendo acúmulo no citoplasma e causando toxidez às estruturas e processos celulares, tal como a fotossíntese.

Comparando os valores encontrados para o sódio e o cloreto nas folhas (FIGURA 9), nota-se que os valores do íon Cl^- foram muito superiores aos do íon Na^+ , resultado semelhante a este também foi encontrado por Guimarães (2005) e Sousa (2006). O menor acúmulo de sódio nas folhas está, geralmente, associado a relativa capacidade das glicófitas em limitar a absorção e/ou o transporte de íons tóxicos (principalmente Na^+) da zona radicular para a parte aérea, evitando seu acúmulo, em níveis que excedam a habilidade das células em compartimentalizá-los no vacúolo (GREENWAY e MUNNS, 1980). Essa característica de excluir o sódio e, conseqüentemente evitar o acúmulo excessivo nas folhas é uma indicação que a planta apresenta característica de adaptação à salinidade. De acordo com Guimarães (2005) a capacidade das plantas de feijão-de-corda de acumular mais cloreto que sódio em seus tecidos, também foi comprovada analisando-se os teores desses íons sob condição de controle, sendo observado que para qualquer órgão analisado, o teor de cloreto foi sempre maior que o de sódio.

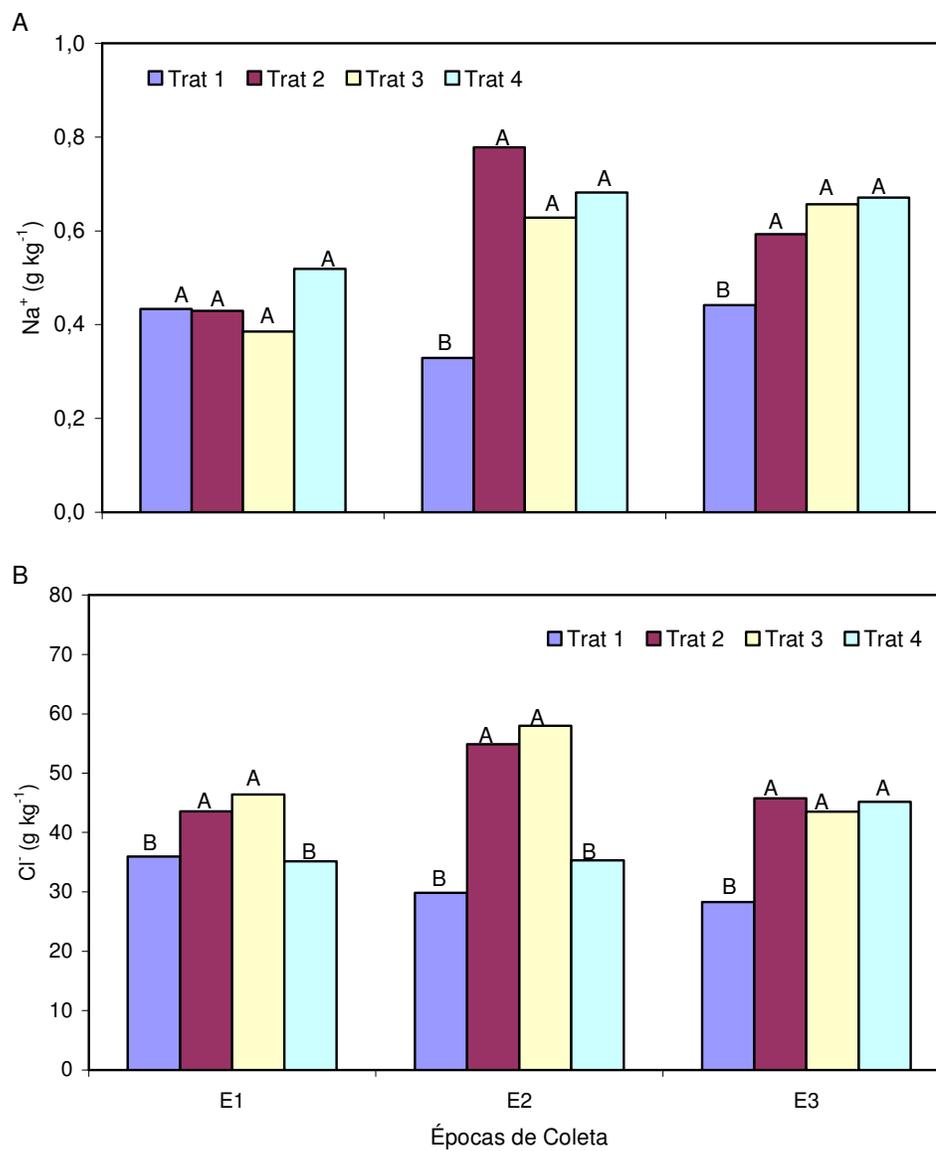


Figura 9 – Teores de Na⁺ (A) e Cl⁻ (B) em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos (T1 a T4) e da época de medição (E1 a E3). Barras com as mesmas letras, para cada época, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P ≥ 0,05).

Na FIGURA 10 tem-se os teores de K^+ (A) e Ca^{2+} (B) em função dos tratamentos (T1 a T4) e da época de medição (E1 a E3). Observando-se os valores do íon potássio (FIGURA 10A) vê-se que não houve diferença entre todos os tratamentos nas duas primeiras épocas de medição e que o tratamento 4 diferiu dos tratamentos 1 e 3 apenas na última coleta realizada. Podemos dizer que a salinidade praticamente não influenciou no acúmulo do íon K^+ . Resultado semelhante a este também foi encontrado por Aquino (2005), em plantas de sorgo, e por Sousa (2006), em plantas de feijão-de-corda. Todavia, outros pesquisadores observaram que o estresse salino reduziu o teor de potássio nas folhas, (IGARTUA, et al., 1995; ERDEI e TALEISNIK, 1993; OLIVEIRA, 2002; VIEIRA, 2006), visto que altas concentrações do íon sódio, podem inibir a absorção de K^+ pelas plantas, através do antagonismo entre estes dois íons (MARSCHINER, 1995). Estes resultados conflitantes podem estar relacionados com diversos fatores, incluindo manejo da cultura, variedade, tipo de salinidade, além da temperatura e da umidade relativa do ar (FLOWERS, 2004). De acordo com Lacerda (2005), a duração do estresse e a idade da folha amostrada também podem produzir diferentes resultados e interpretações, que podem estar relacionadas às diferenças na re-translocação de K^+ entre os diversos tratamentos.

O teor de Ca^{2+} não diferiu entre os tratamentos nas coletas 1 e 3 (Figura 10B). Já na coleta 2 houve diferença entre os tratamentos, sendo que apenas os tratamentos que foram irrigados com água salina e com fração de lixiviação de 0,14 e 0,28 apresentaram valores inferiores aos demais tratamentos. Estudos em solos com problema de salinidade têm mostrado que o aumento na concentração de Na^+ é acompanhado pelo decréscimo na concentração de Ca^{2+} trocável, resultando em um desequilíbrio iônico que pode afetar o crescimento das plantas. No entanto, o feijão-de-corda parece manter a absorção de Ca^{2+} (Figura 5B) mesmo quando a concentração de Na^+ aumenta no ambiente radicular, conforme tem sido observado também por outros autores (SILVA et al., 2003).

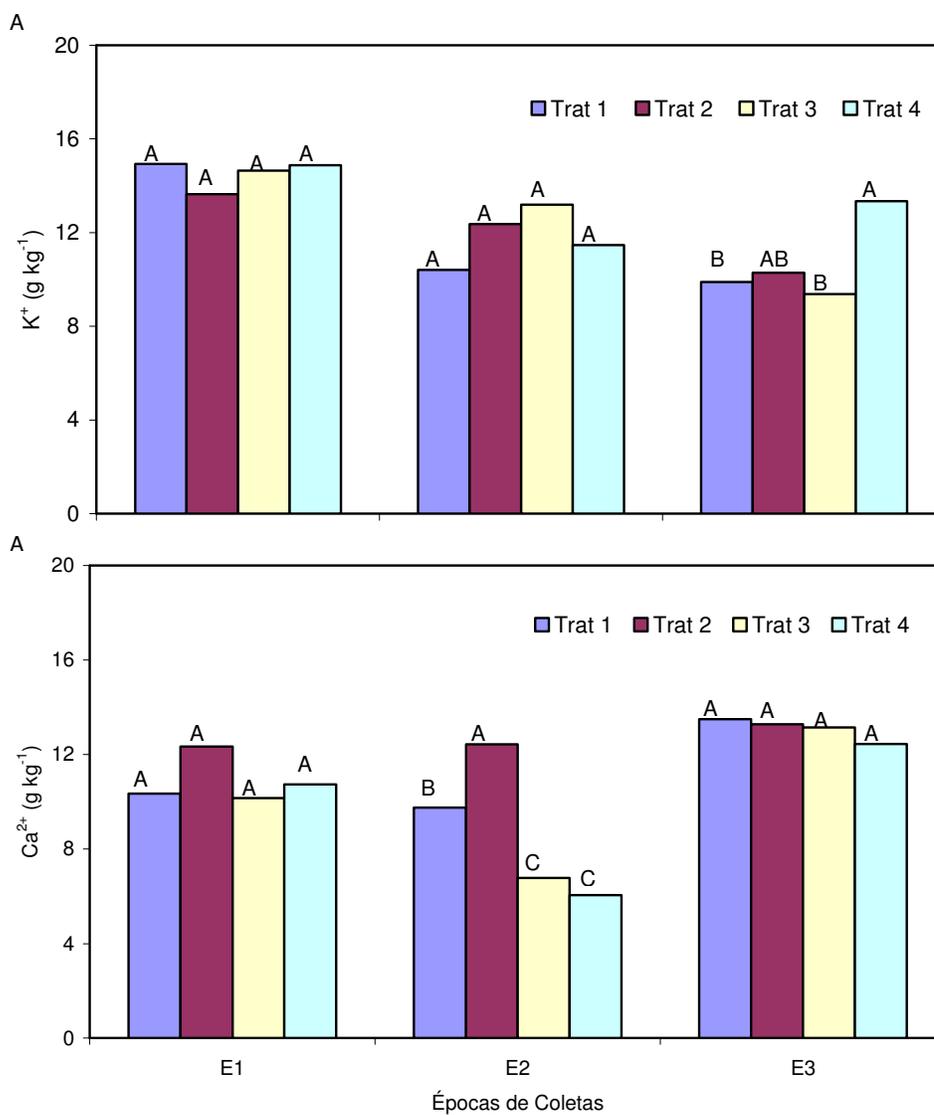


Figura 10 – Teores de K⁺ (A) e Ca²⁺ (B) em folhas maduras de plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos (T1 a T4) e da época de medição (E1 a E3). Barras com as mesmas letras, para cada época, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, podemos concluir:

1. A aplicação de água salina provocou aumento da salinidade e da sodicidade do solo, porém esses efeitos foram revertidos parcialmente pelo aumento da fração de lixiviação e totalmente pelas chuvas;
2. A salinidade reduziu o crescimento vegetativo e a produtividade do feijão-de-corda, porém não influenciou aspectos qualitativos dos frutos e sementes e provocou ligeiro incremento no índice de colheita;
3. A redução na produtividade ocasionada pela salinidade deveu-se, em parte, às reduções no crescimento vegetativo e na assimilação líquida de carbono durante as fases de floração e frutificação, associadas aos efeitos osmóticos e ao acúmulo de íons potencialmente tóxicos (Na^+ e Cl^-) nos tecidos foliares;
4. As frações de lixiviação não tiveram influência na superação dos danos provocados pela salinidade sobre a produtividade das plantas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; BASTOS, E. A. Irrigação. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. cap. 7, p 245 – 272.

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

AQUINO, A. J. S. **Avaliação do crescimento e de mecanismos de tolerância a salinidade em plantas de sorgo forrageiro irrigadas com águas salinas**. 2005. 73 f. Dissertação Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

ARAGÃO, M.E.F.; GUEDES, M.M.; OTOCH, M.L.O.; GUEDES, M.I.F.; MELO, D.F.; LIMA, M.G.S. Differential responses of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activities of two *Vigna unguiculata* cultivars salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17(2), p.207-212, 2005.

ARAÚJO, J.P.P.; WATT, E.E. **O caupi no Brasil**. 1.ed. Brasília: EITA/EMBRAPA, 1988. 722p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. H. R. Gheyi et al., Campina grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29)

AZEVEDO NETO, A.D. **Estudo do crescimento e distribuição de nutrientes em plântulas de milho submetidas ao estresse salino**. 1997. 133 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G. A irrigação no mundo. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G.; BOLFE, E. L. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola**. 1.ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros; p.13-45, 2004.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV. 2006. 611p.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: Silva, D. D. da.; Pruski, F.F. (ed.). **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Viçosa: MMA, SRH, ABEAS, UFV, 1997. 252p.

BERNSTEIN, N.; SILK, W. K.; LÄUCHLI, A. Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress. **Planta**, v. 191, p. 433 – 439. 1993.

BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T; GOMES FILHO, E. Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão-precoce sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, suplemento, p.90-94, 2005.

BRITO, L.K.F.L. **Avaliação da resposta in vitro de duas variedades de abacaxizeiro (Ananas comosus (L.) Merr) a um segundo cultivo na presença de NaCl**. 2002. 63f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

CARDOSO, J. M.; MELO, F. de B.; LIMA, M. G. Ecofisiologia e manejo de plantio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, p 213 – 225, 2005.

CARDOSO, J. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S de.; MELO, F. de B.; FROTA, A. B. **Avaliação agroeconômica da produção de sementes de caupi sob irrigação**. Teresina: EMBRAPA-CAPAMN, 1995. 6 p. (EMBRAPA-CAPAMN. Comunicado técnico, 62).

CARVALHO, J.A.; PEREIRA, G.M.; ANDRADE, M.J.B.; ROQUE, M.W. Efeito do déficit hídrico sobre o rendimento do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Ciências agrotécnicas**, v.24, n.3, p.710-717, 2000.

CHARTZOULAKIS, K. S.; LOUPASSAKI, M. H. Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. **Agricultural Water Management**, v. 32, p 215-255, 1997.

COSTA, P.H.A.; SILVA, J.V.; BEZERRA, M.A.; ENEAS FILHO, J.; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.3, p.289-297, 2003.

CRAMER, G.R.; EPSTEIN, E.; LAUCHLI, A. Effects of sodium, potassium and calcium on salt stressed barley. II.- Elemental analysis. **Physiologia Plantarum**. v. 81: p. 197-202. 1991.

CRAMER, G.R.; EPSTEIN, E.; LÄUCHLI, A. Na-Ca interactions in barley seedlings: relationship to ion transport and growth. **Plant, Cell and Environment**, v.12, p. 551-558, 1989.

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

DIAS, N. S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido**. 2004. 110 f. Tese de Doutorado. ESALQ/USP, Piracicaba.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução: Gheyi, H. R. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1994. 306p. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 33)

ERDEI, L.; TALEISNIK, E. Changes in water relation parameters under osmotic and salt stresses in maize and sorghum. **Physiologia Plantarum**, v. 89, p. 381-387, 1993.

FAGERIA, N.K.; GHEYI, H.R. **Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares**. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA (GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F., eds) UFPB, Campina Grande, p. 363-383. 1997.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia do feijoeiro. In.: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (ed.). **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. Piracicaba: p. 155 – 169, 1999.

FAO. 2000. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. 2000. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spush/intro.htm>. Acesso em 19 de julho de 2006.

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

FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. Caupi: nomenclatura científica e nomes vulgares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 12, p. 136-137, 1983.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. dos. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, p 29 – 71, 2005.

GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agronomy Journal**, v. 76, p. 371-374, 1984.

GANDAVO, P. de M. Dos mantimentos de terra. In: GANDAVO, P de M. **Tratado da terra do Brasil**. Disponível em: <http://www.bn.br/>. Acesso em: 30 de maio de 2006.

GHEYI, H.J. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: Oliveira, T.S., Assis Jr.,R.N., Romero, R.E., Silva, J.R.C. (eds). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. **Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**, 2000. p.329-346.

GONÇALVES, J. A. **Relações hídricas em cultivares de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) submetida a deficiência hídrica do solo.** 1999. 74 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

GUIMARÃES, F.V. **Respostas fisiológicas e bioquímicas em plantas de feijão de corda cv Pitiúba submetidas ao estresse com NaCl em diferentes concentrações de CaCl₂ e CaSO₄.** 2005. 176 f. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

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

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review Plant Physiology**, v. 31 p. 149-190, 1980.

HOORN, J. W. van. Quality of irrigation water, limits of use of long-term effects. In: **Salinity seminar, Baghdad.** Rome: FAO, 1971, p.117-35. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 7)

IGARTUA, E.; GRACIA, M. P.; LASA, J. M. Field responses of grain sorghum to a salinity gradient. **Field Crops Research**, v. 42, p. 15 – 25, 1995.

LACERDA, C.F. **Efeitos da salinidade no desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e utilização do Ca²⁺ como meio para minorar tais efeitos.**, 1995, 87 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

LACERDA, C. F. **Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos a estresse salino,** 2000. 163 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LACERDA, C. F. **Interação salinidade x nutrição mineral.** In: Nogueira, R. J. . C., Araújo, E. L., Willadino, L. G., Cavalcante, U. . (eds.) “Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas”. Recife, UFRPE, pp. 127-137, 2005.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. O.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49. p 107 – 120, 2003.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: Prado, C.H.B.A. e Franco. A.C. São Carlos, RiMa, 2000. 533p.

LE BISSONNAIS, Y.; Soil characteristics and aggregate stability. In: AGASSI, M. **Soil erosion, conservation, and rehabilitation**. Marcel Dekker Inc.. 1995. p. 41 – 60.

LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses. water, radiation, salt, and other stress**. Vol II. 2 ed. Academic Press, New York, 1980.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance: current assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division, A.S.C.E.**, v. 103, n.1R2, p.115-134. 1977

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 Ed. Academic Press, London, 1995.

MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J. Efeitos de diferentes sistemas de manejo do solo sobre as propriedades físicas em um Aluvial Eutrófico. In: **Congresso brasileiro de ciência do solo**, 27., 1999, Brasília, DF. **Anais**. Brasília: SBCS: Embrapa Cerrados: UnB, 1999. 1 CD-ROM.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5 ed. London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. ; BLOCH, M. F. M. Avaliação de métodos com e sem digestão para extração de elementos em tecidos de plantas. **Ciência e Cultura**, v. 36, p. 1953-1958, 1984.

MOUSINHO, F.E.P. **Viabilidade econômica do feijão caupi no estado do Piauí**. ESALQ, Piracicaba – SP, 103p. 2005. Tese de doutorado.

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

NADLER, A.; FRENKEL, H. Determination of soil solution electrical conductivity measurements, by the for electrode method. **Soil Science Society of American Journal**, v 45, nº 5, p. 1226 – 1281, 1980.

O'LEARY, J.W. Physiological basis for plant growth inhibition due to salinity. In: **Food, fiber, and the arid lands**. McGINNIES, W.G.; GOLDMAN, B.J. & PAYCORE, P., (eds.), Arizona: AASS & Univ. of Arizona Press. p. 331-336. 1971.

OLIVEIRA, H. P. M. **Efeitos da concentração iso-osmótica de sais (NaCl + KCl) sobre o crescimento e o acúmulo de íons em plantas de sorgo forrageiro**. Fortaleza – CE, 2002, 32p. Monografia (Curso de Agronomia – Universidade Federal do Ceará).

PEREIRA, J. R.; VALDIVIESCO, C. R.; CORDEIRO, G. G. Recuperação de solos afetados por sódio através do uso de gesso. **Seminário sobre o uso de fosfogesso na agricultura**, Brasília 1985, p. 85-105.

PINHO, J. L. N. de; TAVORA, F. J. A. F.; GONSALVES, J. A. Aspectos fisiológicos. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. cap. 4, p 193 – 205.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. 2 ed. Madrid: Editorial Agrícola Española, 1985. 542p.

RHOADES, J.P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **The use saline waters for crop production**. Roma: FAO, 1992. 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).

RICHARDS, L. A. (ed). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D. C.: U. S. Salinity Laboratory., 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

RUMJANEK, N. V.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; NEVES, M. C. P. Fixação biológica de nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. cap. 8, p 281 – 320.

SANTOS, J. G. R. dos. **A salinidade na agricultura irrigada: teoria e prática**. Campina Grande – PB: 2000. 171p.

SAUNDERS, L. C. U.; DE CASTRO, P. T.; BARBOSA, C. E. e MATIAS F. J. Dinâmica da água no solo com a cultura do feijão-de-corda (*Vigna sinensis* (L) Savi), em Aluvião Eutrófico . **Ciências Agrônômica**, v.12, p.141-148, 1981

SHANNON, M.C.. The effects of salinity on cellular and biochemical processes associated with salt tolerance in tropical plants. *In*: T.L. Davenport & H.M. Harrington., **Proceedings in plant stress in the tropical environment** (eds.). University of Florida, Kailu-Kona, p.56-63. 1992.

SILVA, F.C. (Org.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

SILVA, J.V. **Efeitos do CaCl_2 no crescimento e acumulação de osmorreguladores em plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba estressadas com NaCl**. 1998, 103 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza

SILVA, J. V. **Respostas fisiológicas de dois genótipos de sorgo-forrageiro submetidos a salinidade**. 2003. 103 f. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SILVA, J. V.; LACERDA, C. F.; COSTA, P. H.; ENÉAS FILHO, J.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown

in nutrient solution supplemented with CaCl_2 . **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 15, p. 99 – 105, 2003.

SINGH, B. B.; EHILERS, J. D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F. R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOCUN, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGH, B. B.; KORMARAUWA, P. M.; TAMO, M. (ed.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA, 2002. p. 22 – 40.

SOUZA, F. de; NOGUEIRA, L.; MACÊDO, S. M. C.; TEIXEIRA, A. S. **Manejo d'água em áreas irrigadas**: Determinação da Eficiência e Uniformidade de Distribuição da Água. In: **Relatório Anual PDCT/O3**, Fortaleza, pág. 6, 1986.

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

SOUZA, R. A. **Efeito da salinidade e da composição iônica da água de irrigação sobre o desenvolvimento de plantas de feijão-de-corda Cv. Pitiúba**. 2006. 87 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOUZA, V. A. B. de; SANTOS, C. A. F. Biotecnologia. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. cap. 2, p 95 – 136.

SULTANA, N.; IKEDA, T.; ITOH, R. Effect of salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environmental and Experimental Botany**, v. 42, n.3, p.211 – 220. 1999.

SUMMERFIELD, R. J. The contribution of physiology of breeding for increased yields in grain legumes crops. In: HURD, R. G.; BISCOE, P. V.; DENNCE, C. (eds) **Opportunities for increasing crop yields**. London: Pitmaras, 1980. p. 51 – 69.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 3 ed. Massachusetts: Sinauer Associates. 2002, 690p.

TANJI, K. K. Nature and extent of agricultural salinity. In: Tanji, K. K. **Agricultural salinity assessment and management**, New York: ASCE manuals and reports on engineering practice, 1990. 619p. (p.1-16).

TERRY, N.; WALDRON, L.J. Salinity, photosynthesis, and leaf growth. **California Agriculture**, v. 36, p. 38-39, 1984.

TRINDADE, A. R.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A. ; PRISCO, J. T. . Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.804-810, 2006.

VIEIRA, M. R. **Produtividade composição químico-bromatológica e nutrição mineral de plantas de sorgo forrageiro irrigadas com águas salinas**. 2006. 97 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

YARON, B. Water sustainability for irrigation. In: YARON, B.; DANFORS, E.; VAADIA, Y. (ed) **Arid zone irrigations**. Berlim: Springer-Verlag. 1973. Cap. 4, p.71-85 (Ecological Studies, 5).