



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

WESLEY COSTA SILVA

RESPOSTAS DO FEIJÃO-CAUPI À DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO
COM ÁGUA SALINA E DOSES DE BIOFERTILIZANTE

FORTALEZA-CE

2016

WESLEY COSTA SILVA

RESPOSTAS DO FEIJÃO-CAUPI À DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO COM
ÁGUA SALINA E DOSES DE BIOFERTILIZANTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Manejo de agroecossistemas.

Orientador: Prof. D.Sc. Alexandre Bosco de Oliveira.

Coorientador: Prof. D.Sc. Leonardo Elias Ferreira

FORTALEZA-CE

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S584r Silva, Wesley Costa.
Respostas do feijão-caupi à diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses de biofertilizante /
Wesley Costa Silva. – 2016.
71 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2016.

Orientação: Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira.

Coorientação: Prof. Dr. Leonardo Elias Ferreira.

1. Vigna unguiculata (L.) Walp. 2. Manejo da água. 3. Matéria orgânica. 4. Salinidade. I. Título.

CDD 630

WESLEY COSTA SILVA

RESPOSTAS DO FEIJÃO-CAUPI À DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO COM
ÁGUA SALINA E DOSES DE BIOFERTILIZANTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Manejo de agroecossistemas.

Aprovada em: 09/06/2016.

BANCA EXAMINADORA



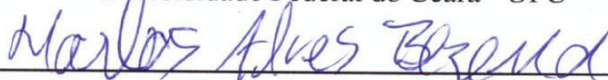
Prof. D.Sc. Alexandre Bosco de Oliveira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC



Prof. D.Sc. Leonardo Elias Ferreira (Coorientador)
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



Prof. D.Sc. Enéas Gomes Filho
Universidade Federal do Ceará - UFC



D.Sc. Marlos Alves Bezerra
Embrapa Agroindústria Tropical

A minha família, em especial aos meus pais: Maria Socorro Miranda da Costa Silva e Antônio Carlos Ferreira da Silva, e minha irmã Cinthya Costa Silva, que apesar de todas as dificuldades sempre me apoiaram nas minhas escolhas e pelo exemplo de vida, na qual influenciou em minha formação como pessoa e profissional.

DEDICO

A minha namorada e amiga Joana Gomes de Moura, por todo amor, paciência e apoio, na qual foram essenciais nessa conquista e sempre acreditar em mim.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e por sempre estar iluminando meu caminho e abençoando minhas escolhas.

A Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de fazer parte do programa de pós-graduação em agronomia/fitotecnia.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Umirim e em especial a Direção Geral, de Ensino e Coordenação do Curso de Técnico em Agropecuária por todo apoio e que permitirem dar continuidade aos meus estudos.

Ao professor e orientador D.Sc. Alexandre Bosco de Oliveira, pelos ensinamentos, apoio e compreensão, que me permitiu idealizar este trabalho.

Ao coorientador e amigo D.Sc. Leonardo Elias Ferreira e sua esposa a professora D.Sc. Eliziete Pereira de Souza, pelos ensinamentos, apoio e amizade, que me permitiram o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, o Prof. D.Sc. Enéas Gomes Filho e ao Pesquisador D.Sc. Marlos Alves Bezerra pelas valiosas contribuições para melhoria deste trabalho.

As minhas amigas e irmãs de coração Jéssica Soares Pereira e Jaqueline Saraiva de Lira pelo apoio que me deram na cidade de Fortaleza-CE.

Aos amigos e amigas: Francisca Edcarla de Araújo Nicolau, André Luís da Silva Parente Nogueira, Italo Emerson Trindade Viana, Tatiana Maria da Silva e Ronialison Fernandes Queiroz pela inestimável ajuda na realização e conclusão deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho José Lúcio Nascimento Nunes Filho e Daniel Rodrigues Nere pela ajuda, durante esses quase dois anos de muita correria e estudos.

Aos alunos do IFCE – Campus Umirim e amigos Samuel Sales Silva, Débora da Silva Alves, Sandy Emanuely Castro, Gabriela Pastichi e Victória Castro pela contribuição que deram no desenvolvimento deste trabalho.

E a todos que, direta e indiretamente, contribuíram para conclusão deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas do feijão-caupi (*Vigna Unguiculata* L. Walp) produzido sob efeito de diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses de biofertilizante líquido. Para isso realizou-se este experimento em uma área experimental do Instituto Federal do Ceará, localizado no município de Umirim - CE com a cultivar de feijão-caupi “BRS Pujante”. O experimento obedeceu ao delineamento em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, totalizando dezesseis tratamentos e quatro repetições. As parcelas consistiram na aplicação de 4 diferentes lâminas de irrigação com água salina (75; 100; 125 e 150% da evapotranspiração da cultura - ETc) e as subparcelas diferentes doses de biofertilizante bovino (0; 60; 120 e 180 ml/planta). Para realização da irrigação foi utilizado um sistema por gotejamento. A água utilizada foi classificada como C₄S₁ e possui condutividade elétrica de 3,81 dS.m⁻¹. O biofertilizante foi preparado em sistema aeróbico, utilizando água e esterco bovino fresco nas proporções de 1:1. As doses utilizadas foram parceladas em três aplicações, sendo estas realizadas aos 10, 40 e 70 dias após a semeadura – DAS. Aos 15, 45 e 75 DAS, foram analisados o índice de clorofila A e B e trocas gasosas em plantas de feijão-caupi, e ao final do experimento o crescimento, os componentes produtivos e produção de grãos por planta. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e feito o teste de Tukey e análise de regressão. Os resultados demonstraram interação significativa entre os fatores, obtendo respostas significativas aos 75 DAS para o índice de clorofila A. Para as trocas gasosas, a dose 120 ml/planta de biofertilizante foi a que melhor interagiu com as lâminas de irrigação aos 15 e 45 DAS. Aos 75 DAS a lâmina de irrigação foi significativa, ajustando-se ao modelo linear para a fotossíntese e condutância estomática e quadrática para a concentração de interna de CO₂ e transpiração. Para o crescimento, o aumento da lâmina de irrigação proporcionou aumento para a matéria seca total e área foliar, sendo observado respectivamente, acréscimo de até 32,42 e 64%. O aumento da dose de biofertilizante proporcionou incremento ao número de folhas, ajustando-se ao modelo quadrático e atingindo ponto máximo sobre a dose de 80 ml/planta. Quanto a produção de grãos secos, a interação entre os fatores se mostrou significativa, apresentando maiores médias sob a lâminas de 100% da ETc e atingindo uma produção de 23,76 e 23,07 g sob as doses de 0 e 60 ml/planta de biofertilizante, respectivamente. Desta forma à aplicação de diferentes lâminas de irrigação respondeu de forma significativa a cultura, sendo observados maiores valores quando aplicado lâminas acima de 100% da ETc. Para o biofertilizante sua aplicação não respondeu de forma significativa as variáveis analisadas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp, gotejamento, manejo da água, matéria orgânica, salinidade.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the responses of cowpea (*Vigna Unguiculata* L. Walp) produced under the effect of different irrigation with saline water and liquid biofertilizer doses. Held this experiment in an experimental area Federal Institute of Ceará, located in the municipality of Umirim - CE with the cultivar of cowpea "BRS Pujante". The experiment obeyed in a randomized block, in a split plot, totaling sixteen treatments and four repetitions. The plot consisted application of four different irrigation water with saline water (75; 100; 125 and 150% of crop evapotranspiration - ETc) and the subplots consisted of four different biofertilizer doses (0; 60; 120 e 180ml/plant). To perform irrigation was using a system drip. The water utility is classified as C₄S₁ and has electrical conductivity 3.81 dS.m⁻¹. The biofertilizer was prepared in aerobic system, using water and cattle manure in the proportions of 1:1. The doses used were divided in three applications, this being performed at 10, 40 and 70 days after sowing – DAS. To 15, 45 and 75 DAS, they were analyzed chlorophyll content A e B and gas exchange in plants of cowpea, and the end of the experiment the growth, productive components and grain yield per plant. The results were subjected to the analysis of variance by F and their means compared by test Tukey and regression analysis. The results showed significant interaction between factors, getting meaningful answers to 75 DAS for the chlorophyll A. For gas exchange dose 120ml / biofertilizer plant was the best interacted with the laminae to 15 and 45 DAS. To 75 DAS the water depth was significant, adjusting the linear model for photosynthesis and stomatal conductance and quadratic for the concentration internal CO₂ and transpiration. For growth, the increase in water depth provided to increase dry matter and total leaf área, being observed respectively adding up 32,42 and 64%. The increase of biofertilizer dose provided increment the number of sheets, fitting the quadratic model and reaching peak on the dose of 80 ml/plant. The production of dry grains, the interaction between the factors was significant, with higher averages in the blades of 100% of ETc and reaching a production of 23.76 and 23.07 g under the doses of 0 and 60 ml/plant of biofertilizers, respectively. Thus the application of different irrigation responded significantly culture, observed higher values when applied blades above 100 % of the ETc. For biofertilizers its application did not respond significantly the variables analyzed.

Key words: *Vigna unguiculata* (L.) Walp, drip, water management, organic matter, salinity.

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabela 1 - | Atributos químicos e físicos do solo da área experimental. Umirim-CE, 2015. | 28 |
| Tabela 2 - | Análise físico-química da água de irrigação. Umirim-CE, 2015. | 30 |
| Tabela 3 - | Características da cultivar BRS Pujante. | 31 |
| Tabela 4 - | Atributos físico-químicos da água utilizada para preparo do biofertilizante líquido. Umirim-CE, 2015. | 32 |
| Tabela 5 - | Atributos físico-químicos do biofertilizante bovino líquido, utilizado na aplicação via solo. Umirim-CE, 2015. | 33 |
| Tabela 6 - | Resumo da análise de variância para taxa de índice de clorofila A e B (ICF), obtida de plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de biofertilizante bovino, aos 15, 45 e 75 DAS. Umirim-CE, 2015. | 39 |
| Tabela 7 - | Resumo da análise de variância para taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO_2 (C_i) e transpiração (E) obtida de plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de biofertilizante bovino, aos 15, 45 e 75 DAS. Umirim-CE, 2015. | 41 |
| Tabela 8 - | Resumo da análise de variância para diâmetro de caule (DC); comprimento da haste principal (CHP), número de folhas (NF) e área foliar (AF) obtida de plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de biofertilizante bovino. Umirim-CE, 2015. | 49 |
| Tabela 9 - | Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para a área foliar de plantas de feijão-caupi. Umirim-CE, 2015. | 52 |
| Tabela 10 - | Resumo da análise de variância para massa fresca de folha (MFF), massa fresca de caule (MFC), massa fresca total (MFT), massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC) e massa seca total (MST) obtida de plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de biofertilizante bovino. Umirim-CE, 2015. | 53 |
| Tabela 11 - | Resumo da análise de variância para razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF) e área foliar específica (AFE), obtida em plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de | 55 |

| | | |
|-------------|---|----|
| | biofertilizante bovino. Umirim-CE, 2015. | |
| Tabela 12 - | Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para área foliar específica de plantas de feijão-caupi. Umirim-CE, 2015. | 56 |
| Tabela 13 - | Resumo da análise de variância para o número de vagens por planta (NVP); comprimento médio de vagens secas (CMVS) e número de grãos por vagem (NGV) obtida de plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de biofertilizante bovino. Umirim-CE, 2015. | 56 |
| Tabela 14 - | Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para o comprimento médio de vagem (cm) do feijão-caupi. Umirim-CE, 2015. | 58 |
| Tabela 15 - | Resumo da análise de variância para massa de vagem seca (MVS); massa de grãos secos por vagem (MGSV); massa de cem grãos (M100GS) e produção de grãos secos por planta (PGSP) obtida de plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de biofertilizante bovino. Umirim-CE, 2015. | 59 |
| Tabela 16 - | Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para a massa de vagem seca (g) de plantas de feijão-caupi. Umirim-CE, 2015. | 60 |
| Tabela 17 - | Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para a massa de grãos secos (g) por vagem de plantas de feijão-caupi. Umirim-CE, 2015. | 60 |
| Tabela 18 - | Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para a massa de cem grãos secos (g) de plantas de feijão-caupi. Umirim-CE, 2015. | 61 |
| Tabela 19 - | Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para produção de grãos secos (g) de feijão-caupi por planta. Umirim-CE, 2015. | 61 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 1 - | A - Temperatura máxima (T _{máx}), média (T _{méd}) e mínima (T _{min}); B - Umidade relativa do ar máxima (UR _{máx}), média (UR _{méd}) e mínima (UR _{min}) e C - Radiação solar global e velocidade do vento média (V _{méd}), medida durante o ciclo da cultura. Umirim-CE, 2015. | 25 |
| Figura 2 - | Evapotranspiração de referência (ET _o) ao longo dos dias após a semeadura. Umirim-CE, 2015.... | 26 |
| Figura 3 - | Croqui da área experimental. | 27 |
| Figura 4 - | Desmatamento da área. Umirim-CE, 2015..... | 28 |
| Figura 5 - | Aplicação de calcário (A) e gradagem da área (B). Umirim-CE, 2015. ... | 29 |
| Figura 6 - | Linha secundária de abastecimento de água (A), instalação das iniciais de mangueira e registros (B) e colocação das fitas gotejadoras (C). Umirim-CE, 2015 | 29 |
| Figura 7 - | Coefficiente cultural utilizado para a cultura do feijão-caupi. | 30 |
| Figura 8 - | Sementes (A) e plantas de feijão-caupi BRS Pujante (B). Umirim-CE, 2015. | 31 |
| Figura 9 - | Aplicação do biofertilizante com o auxílio de um regador. Umirim-CE, 2015. | 33 |
| Figura 10 - | ClorofiLOG (A), medição de clorofila A e B em plantas de feijão-caupi (B), analisador de gás infravermelho (IRGA) (C) e análise de trocas gasosas em plantas de feijão-caupi (D). Umirim-CE, 2015 | 34 |
| Figura 11 - | Mensuração do comprimento (A) e da largura (B) dos folíolos de plantas de feijão-caupi para determinação da área foliar. Umirim-CE, 2015. | 36 |
| Figura 12 - | Efeito das doses de biofertilizante sobre o índice de clorofila A em plantas de feijão-cupi aos 45 DAS. Umirim-CE, 2015. | 40 |
| Figura 13 - | Desdobramento da interação das diferentes lâminas de irrigação com água salina vs doses de biofertilizante sobre o índice de clorofila A de plantas de feijão-caupi aos 75 dias após a semeadura. Umirim-CE, 2015. | 40 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 14 - | Interação das diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses de biofertilizante sobre a fotossíntese (A) (A), condutância estomática (<i>g_s</i>) (B), concentração interna de carbono (<i>C_i</i>) (C) e transpiração (<i>E</i>) (D) em plantas de feijão caupi aos 15 dias após a semeadura. Umirim-CE, 2015. | 43 |
| Figura 15 - | Interação das diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses de biofertilizante sobre a fotossíntese (A) (A), condutância estomática (<i>g_s</i>) (B), concentração interna de carbono (<i>C_i</i>) (C) e transpiração (<i>E</i>) (D) em plantas de feijão caupi aos 45 dias após a semeadura. Umirim-CE, 2015. | 44 |
| Figura 16 - | Efeito das diferentes lâminas de irrigação com água salina a fotossíntese (A) (A), condutância estomática (<i>g_s</i>) (B), concentração interna de carbono (<i>C_i</i>) (C) e transpiração (<i>E</i>) (D) em plantas de feijão caupi aos 75 dias após a semeadura. Umirim-CE, 2015. | 46 |
| Figura 17 - | Condutância estomática de plantas de feijão-caupi sob efeito de diferentes doses de biofertilizante aos 75 dias após a semeadura. Umirim-CE, 2015 | 48 |
| Figura 18 - | Diâmetro de caule (DC) (A) e comprimento da haste principal (CHP) (B) de plantas de feijão-caupi em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação com água salina. Umirim-CE, 2015. | 50 |
| Figura 19 - | Número de folhas (NF) de plantas de feijão-caupi em função da aplicação de diferentes doses de biofertilizante. Umirim-CE, 2015. | 51 |
| Figura 20 - | Matéria seca de folha (MSF), caule (MSC) e total (MST) de plantas de feijão-caupi em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação com água salina e diferentes doses de biofertilizante bovino. Umirim-CE, 2015. | 54 |
| Figura 21 - | Número de vagens por planta (NVP) (A) e de grãos por vagem (NGV) (B) de plantas de feijão-caupi em função da aplicação de diferentes doses de biofertilizante e lâminas de irrigação com água salina, respectivamente. Umirim-CE, 2015. | 57 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA..... | 16 |
| 2.1 | Irrigação com água salina | 16 |
| 2.2 | O feijão-caupi | 17 |
| 2.2.1 | Aspectos gerais da cultura | 17 |
| 2.2.2 | Efeitos da salinidade na cultura | 18 |
| 2.3 | Manejo da cultura irrigada com água salina | 20 |
| 2.3.1 | <i>Lâmina de irrigação</i> | 21 |
| 2.3.2 | <i>Biofertilizante</i>..... | 22 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 24 |
| 3.1 | Caracterização da área experimental | 24 |
| 3.2 | Dados climáticos | 24 |
| 3.3 | Tratamentos e Delineamento experimental | 26 |
| 3.4 | Preparo da área experimental | 28 |
| 3.4.1 | <i>Instalação e manejo da irrigação</i>..... | 29 |
| 3.5 | Material vegetal | 31 |
| 3.6 | Plantio da cultura e condução do experimento | 32 |
| 3.7 | Preparo e aplicação do biofertilizante | 32 |
| 3.8 | Variáveis analisadas..... | 34 |
| 3.8.1 | <i>Índice de clorofila e trocas gasosas</i> | 34 |
| 3.8.2 | <i>Avaliação do crescimento da cultura</i> | 35 |
| 3.8.3 | <i>Componentes de produtivos e produção da cultura</i> | 37 |
| 3.8 | Análise estatística | 38 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 39 |
| 4.1 | Análise fisiológica do feijão-caupi | 39 |
| 4.1.1 | <i>Índice de clorofila A e B e trocas gasosas</i> | 39 |
| 4.2 | Análise do crescimento do feijão-caupi | 49 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4.3 | Análise dos componentes produtivos e produção da cultura | 56 |
| 5 | CONCLUSÕES | 63 |
| | REFERÊNCIAS | 64 |

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], também conhecido por feijão-de-corda ou feijão macassar é um dos principais alimentos da população de baixa renda da região Norte e Nordeste do Brasil, sendo seu cultivo direcionado principalmente para a produção de grãos secos ou verdes (MEDEIROS et al., 2008). Considerada como uma das principais leguminosas cultivadas na região semi-árida, a área cultivada com caupi no Brasil é de aproximadamente 3 milhões de hectares, dos quais cerca de 46,17% estão situados na região Nordeste do país (FREIRE FILHO et al, 2011).

A utilização da irrigação surge como uma das principais alternativas para o aumento da produtividade da cultura na região Nordeste, ou até mesmo para minimizar o impacto negativo do estresse hídrico no período de estiagem. Entretanto devido a precipitação pluviométrica limitada, a temperaturas elevadas e aos elevados teores de sais na água de muitos locais dessa região, tem se verificado a ocorrência da baixa produtividade associada ao processo de salinização dos solos (HOLANDA et al., 2007).

O uso de água com elevadas concentrações de sais, requer o uso de culturas mais tolerantes a níveis mais elevados de salinidade e de técnicas alternativas, que minimizem o efeito do estresse salino sobre as planta (SILVA, 2011), uma vez que o mesmo inibe o crescimento das plantas, principalmente por reduzir o potencial osmótico da solução do solo, restringindo a disponibilidade de água, além de provocar acumulação excessiva de íons nos tecidos vegetais, podendo causar toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional, ou ambos (VIANA; FERNANDES; GHEYI, 2001).

Nesse contexto, a utilização de práticas de manejo adequado da água salina torna-se uma alternativa viável quando se trabalha com espécies tolerantes, sendo que a aplicação de lâminas de irrigação acima da necessidade da planta pode promover a lixiviação dos sais para as camadas mais profundas e prevenir a salinização do solo (CARVALHO et al., 2012). Em ambientes salinos, a aplicação de lâminas acima da necessidade da planta, reduz de forma eficiente o acúmulo de sais no solo, pois a fração de água aplicada percole abaixo da zona radicular, lixiviando parte dos sais acumulados (MEDEIROS; NASCIMENTO; GHEYI, 2010).

O uso de biofertilizante é outra estratégia de manejo que vem sendo recentemente estudada em plantas cultivadas em ambiente salino. Quando aplicado via solo e na forma líquida, libera substâncias húmicas no solo, induzindo o aumento do ajustamento osmótico às plantas pela acumulação dessas substâncias, facilitando a absorção de água e nutrientes em meios salinos (AYDIN; KANT; TURAN, 2012; SOUTO et al., 2013). A matéria orgânica ainda melhora a estrutura do solo, devido promover o processo de floculação e formação de agregados, garantindo também melhoria na velocidade de infiltração de água no solo, sendo assim, melhorando o processo de drenagem e lavagem de sais. (SILVA SÁ et al., 2015).

De maneira geral o conhecimento dos efeitos da salinidade na planta e no solo, bem como, os fenômenos envolvidos, é de fundamental importância na adoção de práticas adequadas de manejo da água em ambientes salinos (DIAS; BLANCO, 2010). Assim estudos detalhados sobre métodos que minimizem o efeito negativo sobre o comportamento das culturas e viabilize o cultivo nessas condições, principalmente das que apresentam grande importância socioeconômica, devem ser realizados com mais frequência e que sejam de fácil acesso ao produtor rural.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses de biofertilizante líquido em plantas de feijão-caupi irrigadas com água salina.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Irrigação com água salina

A irrigação é uma das tecnologias aplicadas na agricultura que mais tem contribuído para o aumento na produção de alimentos (RHOADES; KANDIAH; SHALI, 2000), pois permite que se mantenha a umidade ideal do solo as plantas, suprindo suas necessidades diárias (SOUSA et al., 2013b). Em regiões semiáridas, onde é comum à ocorrência de longos períodos sem chuva em plena estação chuvosa (estiagem), utilizasse a irrigação como forma de suprir a necessidade de água das plantas, diminuindo os efeitos do estresse hídrico que possam interferir no desenvolvimento vegetal, e por conseqüência a produção agrícola (DAMATTA, 2007).

Atualmente a busca por aumento da produção de alimentos, não leva em conta apenas à expansão das áreas agrícolas e o uso de irrigação em períodos sem chuva, mas também, o uso de águas consideradas de baixa qualidade, principalmente as que apresentam elevados teores de sais. Entretanto quando usadas de forma irracional, principalmente nas condições de clima do semi-árido (altas temperaturas, baixa pluviosidade e os elevados teores de sais nas águas de irrigação), pode ocasionar sérios problemas de salinização nos solos, reduzindo desta forma a produtividade das culturas cultivadas e capacidade de uso do solo (RHOADES et al., 2000).

Desta forma a qualidade da água pode ser considerada como um importante fator na sua utilização na irrigação dos cultivos agrícolas, dependendo também das suas condições de uso (AYERS; WESTCOT, 1999). Para verificação da adequabilidade da água para este fim devemos levar em consideração alguns fatores, principalmente, o teor e tipos de sais, as características do solo, tolerância da cultura, condições climáticas, manejo da irrigação e condições de drenagem (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000).

De acordo com Medeiros, Nascimento e Gheyi (2010) o nível de salinidade dos solos deve sempre se encontrar inferior ao nível tóxico às plantas, sendo que no Nordeste brasileiro, as águas utilizadas na irrigação, apresentam na maioria das vezes, concentração de sais na faixa de 0,1 a 3,0 dS.m⁻¹ (HOLANDA; AMORIM, 1997). Em muitos casos, essas concentrações não atingem níveis osmóticos capazes de prejudicar a absorção de água pelas

plantas, no entanto a concentração de alguns íons pode provocar interferências indiretas, dificultando por exemplo a absorção de nutrientes pela planta ou distúrbios fisiológicos (TESTER ; DAVENPORT, 2003).

2.2 O feijão-caupi

2.2.1 Aspectos gerais da cultura

O feijão-caupi é uma dicotiledônea pertencente à ordem Fabales, família Fabaceae, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp (ONOFRE, 2008). Originário da África, o gênero *Vigna* ocorre com ampla distribuição no mundo, se desenvolvendo bem em regiões tropicais e subtropicais, principalmente devido a essas regiões possuírem características edafoclimáticas semelhantes ao seu centro de origem (FREIRE FILHO, 1988). Dentre as leguminosas, o feijão-caupi é a cultura melhor adaptada, versátil e nutritiva entre as espécies cultivadas e destaca-se pela sua rusticidade, sendo um importante componente alimentar, principalmente nos países da África, América Latina e Ásia (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005).

A produção mundial da cultura abrange 36 países, tendo a Nigéria, o Niger e o Brasil como os maiores produtores desta cultura, representando 84,1% em área e 70,9 % da produção mundial (SILVA, 2014). No Brasil a cultura constitui-se como uma das principais culturas de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil, principalmente devido estar bem adaptado às condições climáticas brasileiras, desenvolvendo-se bem na faixa de temperatura de 20°C a 30°C (MOUSINHO, 2005).

O estado do Ceará é o maior produtor nacional de feijão-caupi, seguido pelo Piauí e Mato Grosso. A área colhida no estado entre 2005 e 2009 foi em média de 522.826 hectares, resultando em uma produção de 158.910 toneladas, enquanto que no Piauí e o Mato Grosso, foram colhidas 221.787 e 46.250 hectares com uma produção de 51.225 e 40.861 toneladas, respectivamente (FREIRE FILHO et al., 2011).

Por ser uma cultura tipicamente de subsistência, a maioria dos produtores são considerados pequenos ou médios, com sua produção destinada primeiramente para consumo doméstico, sendo somente o excedente comercializado. Por não possuírem uma infraestrutura

para uma produção mais tecnificada, grande parte desses produtores realizam seus cultivos no período chuvoso (LIMA, et al., 2007).

Seu cultivo é realizado principalmente por pequenos agricultores familiares, que tem nesta cultura sua principal fonte de proteínas de origem vegetal (FREIRE FILHO, 2011). Podendo ser comercializado como grãos secos ou verdes (60 a 70% de umidade), como vagens verdes, farinha para produção de acarajé e sementes (OLIVEIRA *et al.*, 2001) a cultura é também uma das principais fontes de renda e emprego, tanto na zona rural quanto urbana (LIMA et al., 2007).

No que diz respeito aos solos, o feijão-caupi pode ser cultivado em quase todos os tipos, especialmente em solos profundos, como os Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Flúvicos. Em relação às características físicas e químicas do solo, como na maioria das culturas, desenvolve-se melhor naqueles ricos em matéria orgânica, com pH próximo de 6,0, textura média, bem drenados e de média e alta fertilidade (EMBRAPA, 2003).

2.2.2 Respostas da cultura a salinidade

O estresse salino é um fator que limita o crescimento e a produtividade das culturas e de acordo com a resposta das espécies vegetais nessas condições, elas podem ser agrupadas em dois grupos: halófitas e glicófitas. As halófitas, normalmente são espécies nativas de ambientes salinos, se desenvolvem naturalmente sob elevadas concentrações de sais (GHEYI; DIAS; LACERDA, 2010). Por outro lado, as glicófitas que inclui a maioria das espécies cultivadas, não são capazes de se desenvolver normalmente nesses ambientes, sofrendo inibições no crescimento mesmo em baixos níveis (ORCUTT; NILSEN, 2000; GHEYI; DIAS; LACERDA, 2010).

Vários são os efeitos provocados pelo estresse salino na planta: redução no potencial osmótico do solo, reduzindo a disponibilidade de água para a planta; efeito tóxico pela presença de alguns elementos minerais em excesso; e efeitos indiretos que acontecem quando as altas concentrações de sódio ou outros cátions interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de alguns elementos essenciais, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas (SILVA, 2011a).

O feijão-caupi não é uma espécie sensível a salinidade, de acordo com os dados obtidos pela FAO, ele tolera irrigação com água salina com condutividade elétrica de até 3,3 dS.m⁻¹, sendo considerada então como moderadamente tolerante à salinidade (AYRES; WESTCOT, 1999). Entretanto o efeito sobre essas plantas pode variar, tanto pela variação de respostas entre cultivares, como também pela composição e concentração iônica do meio e até mesmo as condições climáticas (WILSON et al., 2006; DANTAS et al., 2002).

Diversos autores têm estudado os efeitos da salinidade no crescimento do feijão-caupi, em diferentes condições de cultivo (ALMEIDA et al., 2011; SOUSA et al., 2013b; SOUSA et al., 2014). O excesso de sais pode comprometer diversas funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, provocando estresse osmótico, o que resulta em distúrbios hídricos, alterações na absorção e utilização de nutrientes essenciais (CALVET et al., 2013).

Dentre os efeitos da salinidade no caupi pode-se destacar também a restrição do crescimento da cultura, podendo estar associada principalmente: ao acúmulo de íons potencialmente tóxicos para as plantas, particularmente Na⁺ e Cl⁻; pela baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura ou pela redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina, gerando ainda um distúrbio fisiológico na planta e comprometendo a abertura dos estômatos (LARCHER, 2006). Reduções no número de folhas, altura de plantas, área foliar, diâmetro do caule e matéria seca, também são observados em plantas de feijão-caupi, quando irrigadas com água que apresenta elevada condutividade elétrica (LIMA et al., 2007).

A redução das variáveis de crescimento sob condições de estresse salino é importante para manutenção de elevado potencial hídrico na planta, obtido através da diminuição na transpiração (DANTAS et al., 2003). Entretanto essa redução no crescimento da planta pode influenciar diretamente em outras variáveis. A área foliar, por exemplo é um importante parâmetro indicativo da produtividade, já que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química, sendo este um processo que ocorre diretamente na folha, atuando na formação de carboidratos, que são alocados para os órgãos vegetativos e reprodutivos (BASTOS et al., 2002).

A redução da produtividade das culturas devido a ocorrência de estresse salino está diretamente relacionada a três efeitos: o fechamento estomático que limita a assimilação líquida de CO₂, e que é consequência dos efeitos osmóticos dos sais; a inibição da expansão

foliar que reduz a área destinada ao processo fotossintético, que ocorre devido o acúmulo excessivo de íons tóxicos, de distúrbios na nutrição mineral e/ou da redução na turgescência; e a aceleração da senescência de folhas maduras que também reduz a produção de fotoassimilados (LACERDA et al., 2003).

Silva (2011a) irrigando a cultura do feijão-caupi com água com diferentes condutividades elétrica, observou redução de 55% na produção de grãos. Lacerda *et al.* (2009) ao avaliar a eficiência do uso da água e dos nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento, verificou que a aplicação contínua de água salina reduziu tanto a matéria seca total como a matéria seca de grãos.

2.3 Manejo da cultura irrigada com água salina

Embora a região semi-árida nordestina, apresente características que favoreça o desenvolvimento de diversas atividades agrícolas, existem alguns aspectos que podem interferir em seus rendimentos, dentre eles: regime irregular de chuvas em plena estação chuvosa; solos rasos; elevada taxa de evaporação; e fontes de água com elevados teores de sais. Neste sentido o desenvolvimento da irrigação nessas áreas, particularmente da agricultura familiar, em geral carente de suporte técnico e grau de capacitação, tem elevado o risco de salinização dessas áreas, e muitas das vezes, das reservas hídricas disponíveis, afetando a produtividade dos cultivos nessa região (LIMA et al., 2006).

A qualidade da água para irrigação pode ser definida em função de três critérios: salinidade, sodicidade e toxicidade. O primeiro avalia o risco de aumentar a concentração de sais solúveis no solo, provocando estresse hídrico as plantas. O segundo está relacionado com o risco de se elevar a percentagem de sódio trocável, causando uma deterioração na estrutura do solo, afetando diretamente a infiltração de água. O terceiro avalia os problemas do acúmulo de determinados íons nos tecidos das plantas, provocando efeitos tóxicos (ALMEIDA, 2010).

Apesar dos inconvenientes relacionados ao uso de água com qualidade inferior, a adoção de estratégias que atenuem a evaporação da água do solo ou o acúmulo de sais no solo durante o cultivo, é desejável. Dentre tais alternativas, as mais promissoras no semi-árido, são: a irrigação deficitária; a adoção de cobertura morta; otimização do turno de rega; escolha

de espécies ou cultivares mais tolerantes; utilização dessas fontes de água nos estádios de maior tolerância das culturas; mistura de águas de diferentes qualidades; uso cíclico de fontes de água com diferentes concentrações salinas (LIMA et al., 2006; LACERDA *et al.*, 2009).

2.3.1 Lâmina de irrigação

Além do excesso de sais na água, a evaporação e a drenagem inadequada são dois fatores que podem provocar aumento na salinidade do solo, reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (FERREIRA NETO et al., 2002). Solos normais podem se tornar improdutivos se receberem sais solúveis em excesso, devido principalmente irrigações conduzidas incorretamente com águas salinas. Mesmo com um bom controle da qualidade da água de irrigação, o que raramente é feito na prática, há um contínuo resíduo de sais no solo, que com o uso prolongado sem considerar as práticas de manejo adequada pode provocar a salinização do solo (SOUZA, 1995).

Várias técnicas de manejo têm sido utilizadas para se produzir economicamente em condições de salinidade, dentre elas a aplicação de uma lâmina de lixiviação é o método mais eficaz para uso e recuperação de solos salinos. Esta técnica recomenda a aplicação de água de boa qualidade, em uma quantidade que seja o suficiente para dissolver e transportar os sais solúveis até o sistema de drenagem (RIBEIRO. FREIRE; MONTENEGRO, 2003), entretanto nem sempre o agricultor dispõe de uma água de boa qualidade e em abundância para poder realizar tal prática, sendo necessário o uso da própria água de irrigação para aplicação da lâmina de lixiviação.

Carvalho et al. (2012) avaliando o desempenho da cultura do milho, irrigado por com água que de diferentes condutividades elétricas (CE entre 1,2 e 3,3 dS m⁻¹) e sob diferentes lâminas de lixiviação (0, 5, 10, 15 e 20% da Etc), observaram que a salinidade da água de irrigação associado com as maiores doses da lâmina de lixiviação não afetou o crescimento vegetativo da cultura (altura e diâmetro de caule), como também as variáveis massa de espiga com palha, produtividade de polpa hidratada e desidratada, e matéria fresca da parte aérea.

Sousa et al. (2008) avaliando o efeito de cinco lâminas de irrigação (55%, 70%, 85%, 100% e 115% da evapotranspiração da cultura - ETc) sobre o desenvolvimento de cultivares de algodão herbáceo, constataram efeito significativo dos tratamentos sobre a altura das plantas, diâmetro do colo e número de folhas, com aumento das variáveis em função do aumento das lâminas de irrigação.

2.3.2 Biofertilizante

O biofertilizante é um adubo orgânico constituído de microorganismos vivos, podendo ser encontrado na forma líquida ou sólida. Produzido através do resultado do processo de decomposição por fermentação microbiológica da matéria orgânica fresca (animal ou vegetal) diluída em água, pode ser conduzido em meio aeróbico ou anaeróbico (PENTEADO, 2007). Em sua composição encontramos nutrientes essenciais ao desenvolvimento das culturas, que possibilitam a redução da utilização de produtos químicos, gerando economia de insumos e melhora os atributos físicos e biológicos do solo.

Lima et al. (2012) avaliando o crescimento inicial do milho fertirrigado com biofertilizante, concluíram que sua utilização durante o cultivo estimulou a produção de matéria seca da folha, do colmo e da parte aérea do milho aos sessenta dias após o plantio. Sousa et al. (2013a), estudando o crescimento da cultura do pinhão-manso sob fertirrigação com biofertilizante bovino, constataram que esse insumo orgânico estimula o crescimento em altura e o diâmetro do caule.

O biofertilizante bovino também vem sendo largamente utilizado como uma das estratégias de manejo que possibilitam a exploração de áreas irrigadas com água salina na agricultura (SILVA *et al.*, 2011a). Em cultivos nessas condições, seu uso minimiza os efeitos danosos dos sais às plantas, pois apresentam substâncias que reduzam a intensidade desses efeitos, possibilitando o dessas águas durante o crescimento das plantas (CAVALCANTE *et al.*, 2005).

A aplicação de biofertilizante ao solo pode induzir aumento no ajustamento osmótico do solo, devido a acumulação de solutos orgânicos, promovendo desta forma a absorção de água e nutrientes pelas plantas em diversos meios, principalmente os adversamente salinos (CAMPOS; CAVALCANTE, 2009). Quando aplicado via solo na

forma líquida proporciona melhorias na velocidade de infiltração da água, devido presença de compostos bioativos e substâncias húmicas oriundos da fermentação da matéria orgânica (SOUZA et al. 2008; ALVES et al., 2009a), diminuindo a concentração de sais nas camadas mais superficiais do solo. . a matéria orgânica atua como agente ligante entre os componentes dos solos, interferindo de maneira positiva nos seus atributos físicos, aumentando a condutividade hidráulica e a infiltração de água (FREIRE; FREIRE, 2007).

A maior importância do biofertilizante não está relacionado ao quantitativo de cada um dos nutrientes, mas na diversidade da composição mineral, que pode formar compostos quelatizados disponibilizados pela atividade biológica e atuarem como ativador enzimático do metabolismo vegetativo (PRATES; MEDEIROS, 2001). Promovendo, desta forma melhores condições na emergência das plântulas, no crescimento vegetativo e na produção de biomassa (CAMPOS; CAVALCANTE., 2009).

Em trabalho com esterco bovino líquido, Cavalcante et al. (2010) relata que além dos efeitos promovidos na estruturação física do solo, esse material aplicado na superfície do substrato forma uma camada de impedimento às perdas elevadas de água por evaporação, o que possibilita às células vegetais permanecerem túrgidas por mais tempo em relação às plantas que não receberam o insumo.

Sob estresse salino, Silva et al. (2011a) e Silva et al. (2013) verificaram que o aumento da concentração de sais na água de irrigação afetou negativamente os processos relacionados a trocas gasosas, como a fotossíntese, a condutância estomática e a transpiração da cultura do feijão-caupi, entretanto quando aplicado o biofertilizante, os sais interferiram com menor intensidade. Campos et al. (2009) e Mesquita et al. (2010), também constataram os efeitos benéficos do biofertilizante bovino em ambiente salino sobre o crescimento inicial de plantas de maracujazeiro-amarelo e mamoeiro, respectivamente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O trabalho foi realizado em uma área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Umirim. A área experimental fica na Fazenda Floresta no município de Umirim, à 91 km da cidade de Fortaleza e geograficamente situada entre os paralelos 3° 41' 09" de latitude Sul e os meridianos 39° 20' 28" de longitude Oeste, a uma altitude de 51 metros.

O clima da região, segundo Alvares et al. (2014) é BSh, o que corresponde ao clima semi-árido com chuvas irregulares, apresentando duas estações climáticas bem definidas. A média anual de precipitação na localidade é da ordem de 857 mm e as médias anuais de temperatura de 26 a 28°C (FUNCEME, 2015).

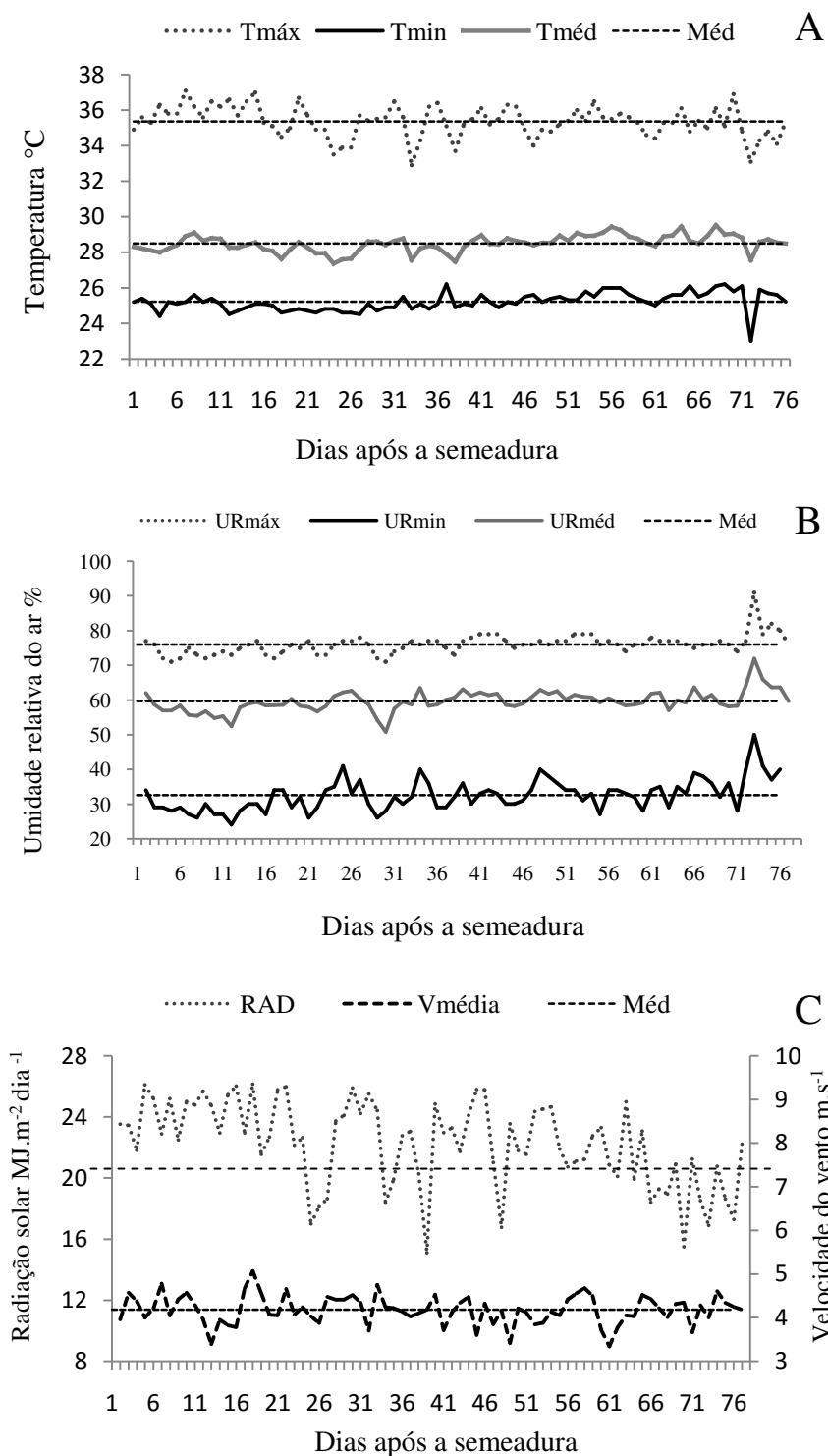
3.2 Dados climáticos

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar global foram obtidos para fins de condução da pesquisa no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET – Estação de Itapipoca-CE), referentes ao período de execução do experimento. O plantio da cultura ocorreu em 7 outubro de 2015 e o final, após todas as coletas, se deu no dia 21 de dezembro de 2015, totalizando 75 dias de ciclo.

As temperaturas mínimas variaram de 23 a 26,2°C, as máximas de 32,9 a 37,1°C, e a média variou de 27,4 a 29,5°C estando à média ao longo do ciclo da cultura em torno de 28,5° C (Figura 1A). A umidade oscilou de 24 a 91%, sendo a média ao longo do ciclo da cultura de 59,6%, como pode ser verificado na Figura 1B.

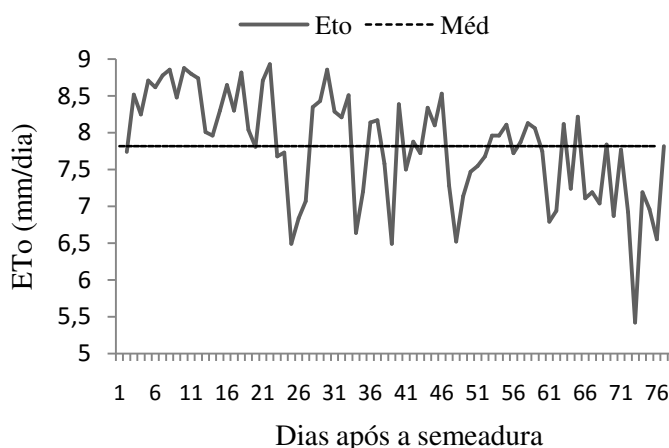
Os valores de radiação solar global variaram de 15,1 a 26,2 MJ m⁻² e a velocidade do vento durante o ciclo da cultura variou de 3,34 a 5,07m s⁻¹, com média de 4,18 m s⁻¹ (Figura 1C).

Figura 1 - A - Temperatura máxima (Tmáx), média (Tméd) e mínima (Tmin); B - Umidade relativa do ar máxima (URmáx), média (Urméd) e mínima (UR min) e C - Radiação solar global e velocidade do vento média (Vméd), medida durante o ciclo da cultura. Umirim-CE, 2015.



Para a determinação da evapotranspiração de referência (ET_o) foi utilizado o método padrão Penman-Monteith de acordo com Allen et al. (2006). Durante a condução do experimento obtivemos uma ET_o variando de 5,42 a 8,93 mm/dia com ET_o média de 7,81 (Figura 2).

Figura 2 - Evapotranspiração de referência (ET_o) ao longo dos dias após a semeadura. Umirim-CE, 2015.

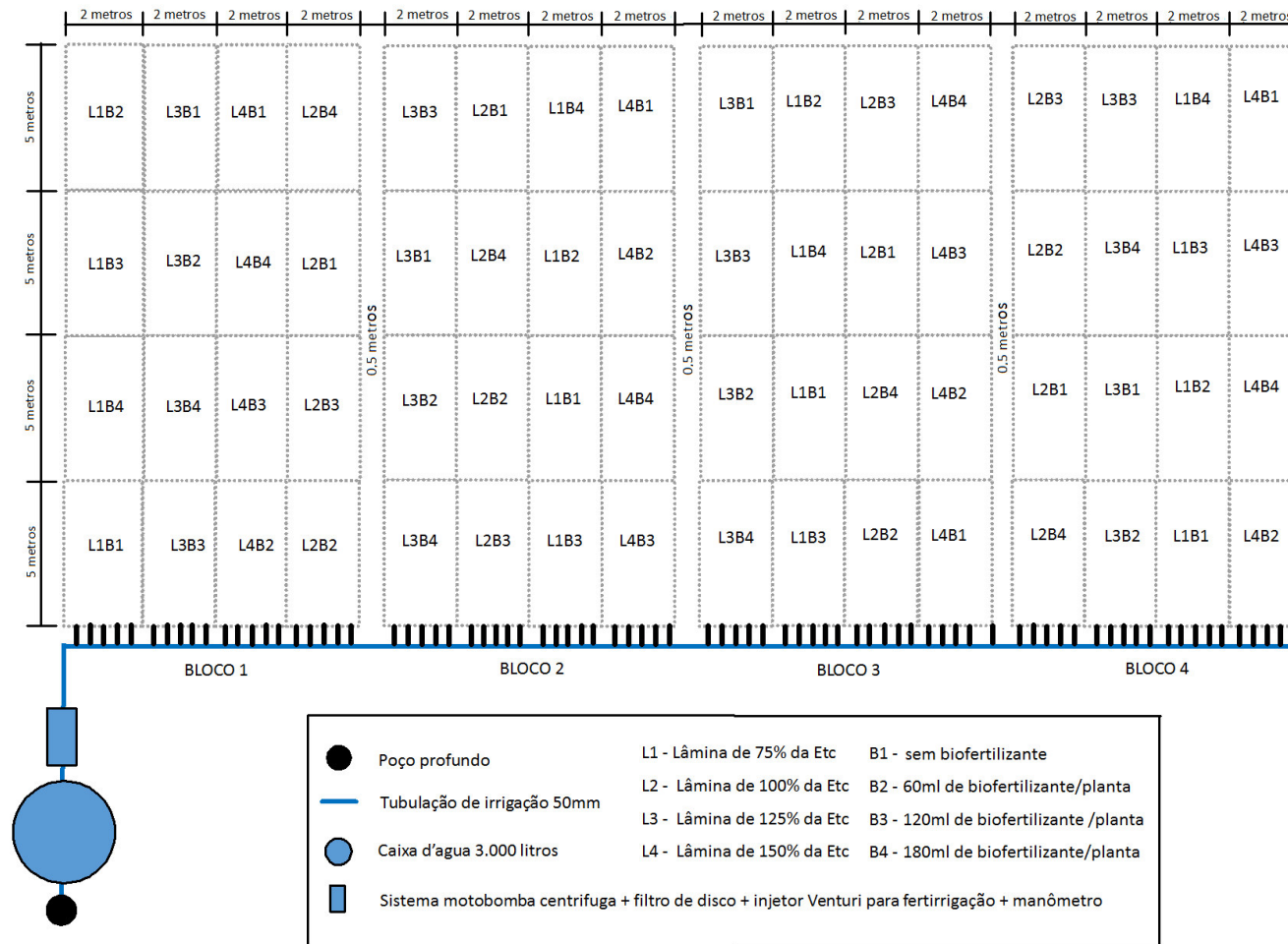


3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em bloco casualizados, em parcelas subdivididas (BANZATTO; KRONKA, 2006), com 16 tratamentos e quatro repetições, totalizando 64 parcelas experimentais. As parcelas foram constituídas por quatro diferentes lâminas de irrigação (75%, 100%, 125% e 150% da evapotranspiração da cultura - ET_c). Para obtenção de uma germinação uniforme, foi aplicada até o 7º DAS a lâmina correspondente a 100% da ET_c em todos os tratamentos. A partir do 8º dia após a semeadura (DAS), início-se a aplicação das lâminas referentes aos tratamentos, sendo mantidas até o 75º DAS, proporcionando um volume acumulado de 404,99; 529,92; 654,84 e 779,76 mm, respectivamente. As subparcelas foram representadas pelas diferentes concentrações de biofertilizante bovino líquido aplicado via solo (0, 60, 120 e 180 ml/planta), equivalentes a 0; 5.000; 10.000 e 15.000 L.ha⁻¹ (Figura 3).

As parcelas foram constituída por 5 linhas de plantio com 20 m de comprimento cada, e as subparcelas formadas de 5 linhas de plantio com 5 m de comprimento cada. Foi considerada como área útil em cada parcela, as três fileiras centrais, descartando-se um metro das suas extremidades.

Figura 3 – Croqui da área experimental.



3.4 Preparo da área experimental

Antes da instalação do experimento foi realizado o desmatamento da área (Figura 4). Em seguida, foi retirada uma amostra do solo do tipo composta, feita por meio da abertura de 15 covas até a profundidade de 0,20 m, em pontos escolhidos aleatoriamente.

Figura 4 - Desmatamento da área. Umirim-CE, 2015.

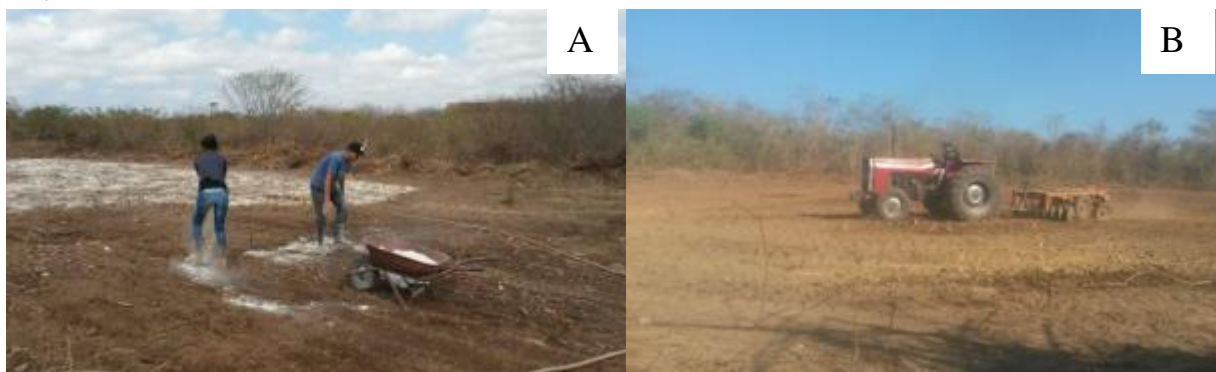


A amostra foi levada ao Laboratório de Solo e Água (FUNCEME/UFC), localizado Dno epartamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, Campus Pici, Fortaleza-CE. A partir dos resultados, conforme observados na Tabela 1, foi efetuada a correção do pH do solo um mês antes da semeadura, utilizando calcário calcítico, seguido pela irrigação da área, aração e gradagem (Figura 5), para posterior sorteio da localização dos tratamentos e piquetamento.

Tabela 1 – Atributos químicos e físicos do solo da área experimental. Umirim-CE, 2015.

| Solo (Profundidade 0 – 20 cm) | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------------------|------------------|------------------------|-----|------|-----------------------|--------|-----|------|
| Atributos Químicos | ----- cmolc dm ⁻³ ----- | | | | | | --- g/Kg --- | | (%) | (H ₂ O) | (dS/m) | | |
| | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | H ⁺ + Al ³⁺ | Al ³⁺ | S | T | C | M.O. | V | pH | C.E. |
| | 1,8 | 1,2 | 0,09 | 0,36 | 3,96 | 0,2 | 3,5 | 7,4 | 9,84 | 16,96 | 47 | 5,6 | 0,09 |
| Atributos Físicos | Granulometria (%) | | | | | | Classificação Textural | | | | | | |
| | Areia | | | Silte | | | Argila | | | | | | |
| | 53,8 | | | 22,4 | | | 23,8 | | | Franco argilo-arenoso | | | |

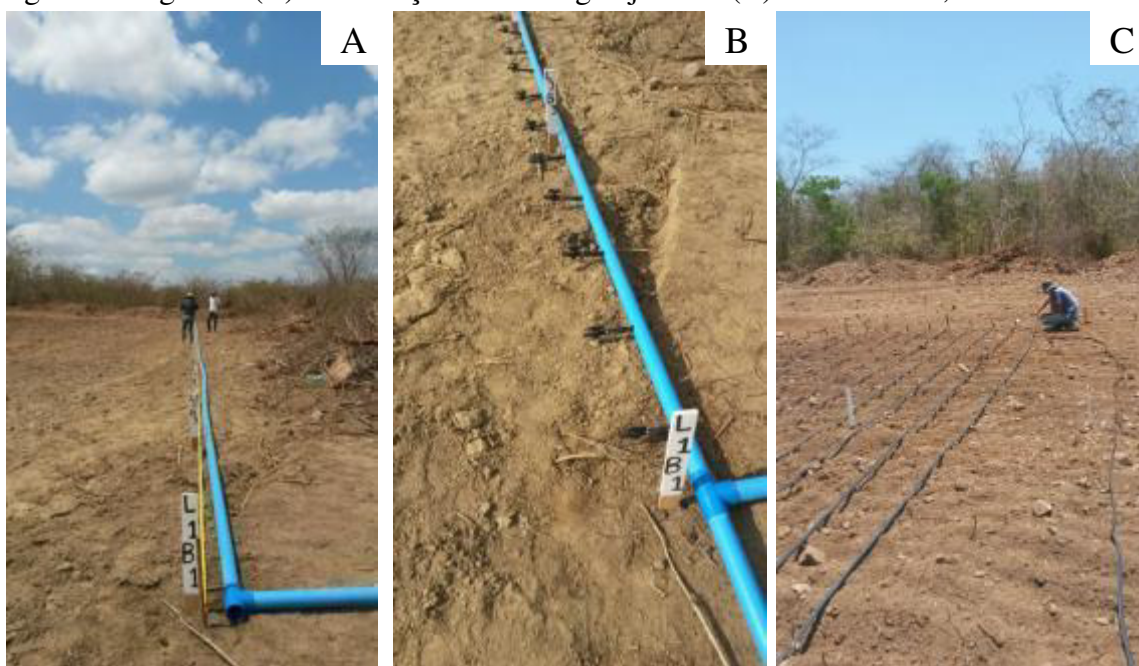
Figura 5 - Aplicação de calcário para correção do solo (A) e gradagem da área (B). Umirim-CE, 2015.



3.4.1 Instalação e manejo da irrigação

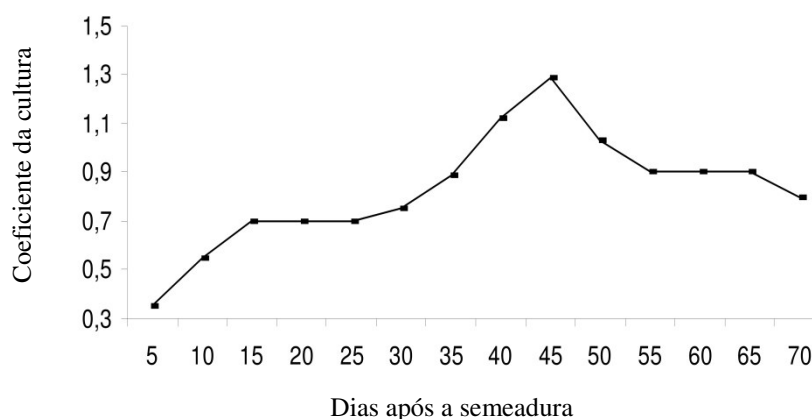
O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, utilizando-se uma fita gotejadora de polietileno, apresentando 0,30 m de distância entre gotejadores e vazão de 1,8 L.h⁻¹ sob pressão de 1 kgf cm⁻². A rede de abastecimento foi constituída por uma linha principal e uma secundária, da qual saiu às mangueiras gotejadoras para cada fileira de planta das parcelas e subparcelas (Figura 6).

Figura 6 – Linha secundária de abastecimento de água (A), instalação das iniciais de mangueira e registros (B) e colocação das fitas gotejadoras (C). Umirim-CE, 2015.



A lâmina de irrigação para o tratamento padrão (100% da ETc) foi calculada com base na evapotranspiração de referência estimada por Penman-Monteith e nos coeficientes de cultura (Kc) obtidos por Bastos et al. (2008), como pode-se observar na Figura 7. A partir da lâmina de 100% foi determinado a lâmina dos demais tratamentos (75, 125 e 150%).

Figura 7 - Coeficiente cultural utilizado para a cultura do feijão-caupi (Bastos et al., 2005)



A irrigação foi feita diariamente, sendo que as lâminas correspondentes aos tratamentos começaram a ser aplicadas 8 DAS. O controle da lâmina aplicada foi realizada de acordo com o tempo em que o sistema de irrigação permaneceu ligado em cada parcela.

A água salina utilizada no experimento foi proveniente de um poço profundo localizado próximo a área experimental. Na tabela 2 pode se verificar os dados referentes a análise físico-química e classificação da água.

Tabela 2 – Análise físico-química da água de irrigação. Umirim-CE, 2015.

| pH | CE | --- Cátions (mmol _c .L ⁻¹) --- | | | | ----- Ânions (mmol _c .L ⁻¹) ----- | | | | RAS | Classificação* |
|-----|--------------------|---|------|-----|-----|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------|-------------------------------|
| | dS.m ⁻¹ | Ca | Mg | Na | K | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | CO ₃ ²⁻ | | |
| 6,4 | 3,81 | 12,6 | 17,2 | 6,4 | 2,1 | 35,0 | -- | 3,6 | -- | 1,65 | C ₄ S ₁ |

C₄–Água de salinidade muito alta. Não é adequada para irrigação comum. Se, entretanto, culturas com uma tolerância muito alta ao sal forem cultivadas em solos altamente permeáveis e bem drenados. Caso seja utilizado um excesso de água de irrigação, a fim de prover uma copiosa lixiviação, o seu uso deve ser levado em consideração;

S₁– Água com baixo conteúdo de sódio. Pode ser usada para irrigação em quase todos os tipos de solos. Entretanto, certas culturas que são altamente sensíveis a sódio podem ser afetadas;

*Fonte: Richard (1993).

3.5 Material vegetal

Como material vegetal, foram utilizado sementes de feijão-caupi da cultivar BRS Pujante, desenvolvida pela Embrapa Semi-Árido, em Petrolina-PE (FIGURA 8A e B).

Figura 8 - Sementes (A) e plantas de feijão-caupi BRS Pujante (B). Umirim-CE, 2015.



A cultivar de feijão-caupi utilizada (BRS Pujante) pertence ao grupo sempre verde (Tabela 3), apresentando elevada produtividade, tanto em sistema de sequeiro como irrigado. Possui padrão comercial tanto para o mercado interno, principalmente o nordestino, quanto para exportação. Tem altos teores de proteína e ferro, além de apresentar rápido cozimento (SANTOS et al., 2007).

Tabela 3 - Características da cultivar BRS Pujante.

| Caráter | Característica |
|------------------------------------|-----------------------|
| Planta | |
| Hábito de crescimento | Indeterminado |
| Porte | Semi-ramador |
| Número médio de dias para floração | 48 |
| Comprimento médio da vagem | 18,4 cm |
| Número médio de grãos por vagem | 9 |
| Ciclo do plantio a 1ª Colheita | 70 dias |
| Semente | |
| Forma da semente | Oval |
| Cor da semente | Marron |
| Tipo de tegumento | Liso |
| Cor do anel do hilo | branco |
| Peso médio de 100 sementes | 24,8 g |

Fonte: Santos et al., (2007).

3.6 Plantio da cultura e condução do experimento

A semeadura do feijão-caupi foi realizada com auxílio de uma plantadeira manual do tipo matraca, sendo esta feita a uma distância de 0,03 m da fita de gotejo e profundidade de 0,02 m, depositando-se duas sementes por cova. O espaçamento utilizado foi de 0,4 m entre linhas e de 0,3 m entre plantas, totalizando um população de 83 plantas dentro da parcela experimental, correspondente a 83.333 plantas.ha⁻¹. Aos oito DAS foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por cova.

Quanto a adubação, essa foi realizada por meio de fertirrigação e a dosagem utilizada definida com base na análise de solo e recomendação para a cultura do feijão-caupi (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2003), sendo utilizados 20,8 kg de uréia, 88,66 kg de fosfato monoamônico (MAP) e 66,6 kg de cloreto de potássio em pó, doses essas equivalentes a 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 60 kg ha⁻¹ de fósforo e 40 kg ha⁻¹ de potássio. O MAP (12-52-00) é uma fonte de nitrogênio e fósforo. Para aplicação tomou-se como base a adaptação de Sampaio e Brasil (2009).

Durante o decorrer do experimento, devido o surgimento de pragas e doenças se fez necessário a aplicação de defensivos como: Evidence® 700WG e Actara® 250WG para controle da mosca branca (*Bemisia tabaci*); Lannate® para controle da lagarta elasm (*Elasmopalpus lignosellus*) e Kumulus® para controle do ácaro. Para doenças fúngicas foi utilizado o Cerconil®. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente aos 20 DAS.

3.7 Preparo e aplicação do biofertilizante

O preparo do biofertilizante foi realizado em sistema aeróbico, sendo utilizada uma caixa d'água, com capacidade para 1000 litros, na qual foi adicionado esterco bovino fresco e água da rede de abastecimento do IFCE - *campus* Umirim (Tabela 4), nas proporções de 1:1 (PENTEADO, 2007).

Tabela 4 - Atributos físico-químicos da água utilizada para preparo do biofertilizante líquido. Umirim-CE, 2015.

| pH | CE dS.m ⁻¹ | --- Cátions (mmol _c .L ⁻¹) --- | | | | ----- Ânions (mmol _c .L ⁻¹) ----- | | | | RAS | Classificação |
|-----|--------------------------|---|-----|-----|-----|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------|-------------------------------|
| | | Ca | Mg | Na | K | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | CO ₃ ²⁻ | | |
| 7,0 | 1,02 | 2,5 | 4,8 | 2,5 | 0,4 | 8,6 | -- | 1,8 | -- | 0,93 | C ₃ S ₁ |

C₃–Água de alta salinidade. Não pode ser utilizada. Na maioria dos casos, plantas com uma tolerância ao sal podem ser cultivadas sem considerações especiais;

S₁– Água com baixo conteúdo de sódio. Pode ser usada para irrigação em quase todos os tipos de solos. Entretanto, certas culturas que são altamente sensíveis a sódio podem ser afetadas;

Fonte: Richard (1993).

Após 30 dias em fermentação aeróbica foi feita a filtragem e uma amostra do biofertilizante foi retirada e levada ao laboratório para análise dos seus quantitativos físico-químicos (Tabela 5).

Tabela 5 - Atributos físico-químicos do biofertilizante bovino líquido, utilizado na aplicação via solo. Umirim-CE, 2015.

| pH | CE | g/L | | | | | | | | | | C/N | mg/L | | | |
|-----|--------------------|-------|-----|-----|-------------------------------|-----|------------------|----|-----|---|------|-------|------|------|------|--|
| | dS.m ⁻¹ | M.O. | N | P | P ₂ O ₅ | K | K ₂ O | Ca | Mg | S | Fe | | Cu | Zn | Mn | |
| 7,1 | 8,41 | 207,2 | 1,5 | 0,3 | 0,7 | 2,6 | 3,2 | 1 | 0,9 | - | 80,1 | 238,8 | 35,6 | 45,5 | 23,7 | |

Antes da aplicação do biofertilizante, o mesmo foi diluído em água, deixando-o numa concentração de 50%. A aplicação de cada dose de biofertilizante foi dividida em três vezes, sendo o mesmo volume aplicado em cada uma delas e realizadas com o auxílio de um regador. A primeira aplicação de biofertilizante foi realizada 10 DAS, a segunda 40 DAS e a terceira 70 DAS, sendo o mesmo, distribuído ao longo do solo, mais especificamente na área de projeção da copa da planta (Figura 9).

Figura 9 - Aplicação do biofertilizante com o auxílio de um regador. Umirim-CE, 2015.



3.8 Variáveis analisadas

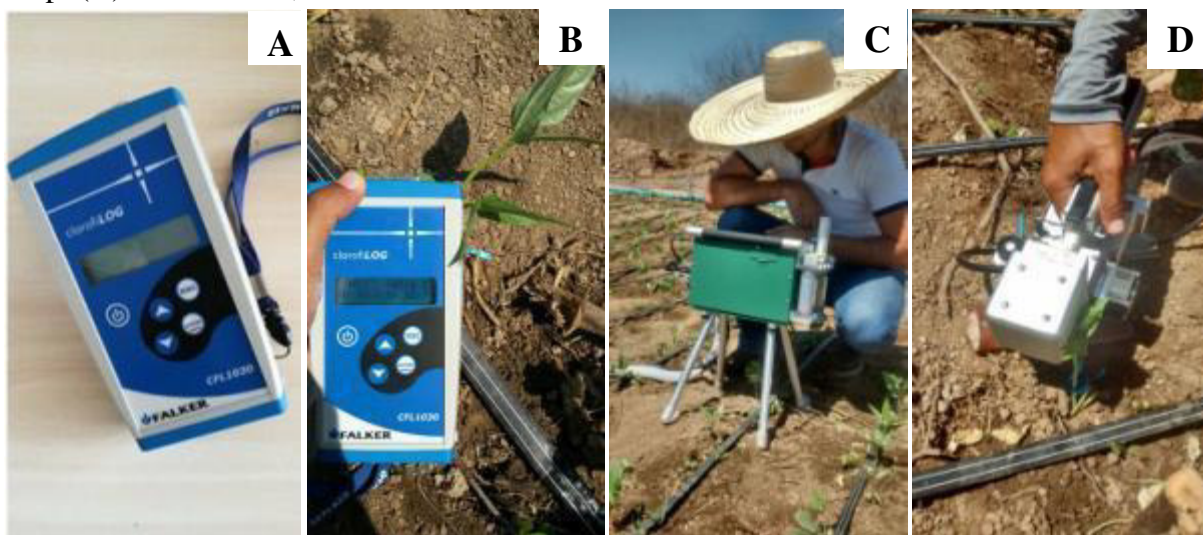
3.8.1 Índice de clorofila e trocas gasosas

Para avaliação dos parâmetros fisiológicos, os dados foram coletados de uma planta selecionada da área útil de cada parcela aos 15, 45 e 75 DAS. As análises foram realizadas na folha mais amadurecida próximo ao ápice da planta:

a) Índice de clorofila A e B: O teor de clorofila foi estimado de forma indireta, utilizando um clorofilômetro digital (ClorofiLOG® Falker S.A.) (Figura 10A e B) em três plantas de cada parcela experimental;

b) Medição de trocas gasosas: Para determinação da assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (C_i) e a razão entre as concentrações de CO₂ interna e do ambiente (C_i/C_a), foi utilizado um analisador de gás no infravermelho IRGA modelo LI- 6400XT da LI-COR, Inc. (USA) (Figura 10C e D).

Figura 10 - ClorofiLOG (A), medição de clorofila A e B em plantas de feijão-caupi (B), analisador de gás infravermelho (IRGA) (C) e análise de trocas gasosas em plantas de feijão-caupi (D). Umirim-CE, 2015.



Os dados foram coletados entre 8:00 e 11:00 horas, com fonte de luz artificial, sob radiação saturante e sob condições ambientes de temperatura e concentração de CO₂.

3.8.2 Avaliação do crescimento da cultura

Para avaliar o crescimento foram selecionadas três plantas representativas dentro da área útil de cada parcela experimental aos 75 DAS, período que foi realizada a colheita. Para melhor avaliação das variáveis de crescimento, as plantas foram arrancadas e levadas para laboratório de Química do IFCE – Campus Umirim, sendo a partir daí analisado:

a) Diâmetro médio do caule (DC): Determinado com auxílio de um paquímetro digital (mm) na base do caule das plantas selecionadas. O resultado foi a média obtida nas plantas avaliadas, dado em mm;

b) Comprimento médio da haste principal (CHP): foi feita com auxílio de uma trena graduada (cm) nas três plantas, sendo a medida realizada da base da planta até o ápice caulinar da haste principal. O resultado foi a média das plantas avaliadas, dado em cm;

c) Número de folhas (NF): o número de folhas foi determinado destacando-se todas as folhas das três plantas, sendo considerado como uma folha o conjunto dos três folíolos. O resultado foi a média das três plantas avaliadas, dado em unidade;

d) Área foliar (AF): para determinação da área foliar, das folhas destacadas para determinação do número de folhas, foi separado cada um dos folíolos e mensurado seu comprimento e largura (Figura 11). Após esse procedimento os valores obtidos foram aplicados a equação (1) obtida por Lima et al., (2008), isto é:

$$AF = \sum (0,9915 \times (C \times L)^{0,9134}) \quad (1)$$

Em que:

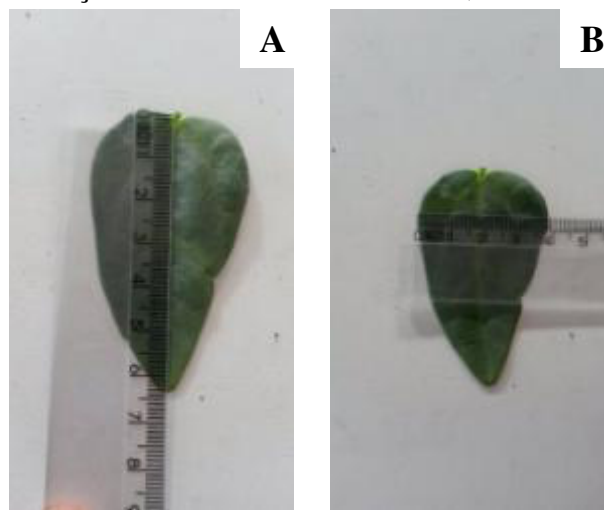
AF= área folia (cm²)

\sum = somatório;

C= comprimento (cm);

L= largura (cm).

Figura 11 - Mensuração do comprimento (A) e da largura (B) dos folíolos de plantas de feijão-caupi para determinação da área foliar. Umirim-CE, 2015.



e) Massa fresca média do caule (MFC), da folha (MFF) e total (MFT): para determinação da massa fresca do caule e folha, das três plantas coletadas, foram separadas o caule e as folhas e pesados com auxílio de uma balança automática semi-analítica (precisão de 0,01 g). Para a massa fresca total, foi somada a massa fresca de caule e da folha. O resultado foi a média das plantas avaliadas, dado em gramas (g);

f) Massa seca do caule (MSC), da folha (MSF) e total (MST): para determinação da massa seca de caule e folha, o material utilizado para determinação de matéria fresca, foi colocado para secar em uma estufa de circulação de ar fechada, sob uma temperatura de 65°C até obtenção de massa constante.

g) Razão de área foliar (RAF): para determinação da razão entre a área foliar foi feita a relação entre a área foliar e o peso de toda a planta (CAIRO; OLIVERIA; MESQUITA, 2008):

$$RAF = \frac{AF \text{ cm}^2}{Pp} \text{ g}^{-1} \quad (2)$$

Em que:

AF = Área foliar (cm²);

Pp = Peso de toda a planta (g)

h) Razão de peso foliar (RPF): para determinação da razão de peso foliar foi feita a relação entre o peso foliar total e o peso de toda a planta (CAIRO; OLIVERIA; MESQUITA, 2008):

$$RPF = \frac{Pf}{Pp} \quad (3)$$

Em que:

Pf = Peso foliar (g);

Pp = Peso de toda a planta (g).

i) Área específica da folha (AFE): para determinação da área foliar específica foi feita a relação da superfície da folha com seu próprio peso (CAIRO; OLIVERIA; MESQUITA, 2008):

$$AFE = \frac{AF}{Pf} \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \quad (4)$$

Em que:

AF = Área foliar (cm²);

Pf = Peso foliar (g).

3.8.3 Componentes de produtivos e produção da cultura

Para determinação da produtividade, foi realizada a colheita e análise das vagens e grãos das três plantas usadas nas análises de crescimento. A partir delas foram obtidos: o número de vagens por planta (NVP), o comprimento médio de vagem (CMV), o número de grãos por vagem (NGV), a massa de vagem seca (MVS), a massa de grãos por vagem (MGV), massa de cem grãos (M100GS) e produção de grãos secos por planta (PGP). Para análise dos grãos secos, os mesmos tiveram sua umidade determinada pelo método da estufa e sua massa corrigida para uma umidade de 13%.

3.9 Análises estatísticas

Para comparar e interpretar os resultados, os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste F (5% de probabilidade), análise de regressão e teste de Tukey. Para todas as análises utilizou-se o software livre SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise fisiológica do feijão-caupi

4.1.1 Índice de clorofila (A e B) e trocas gasosas

Avaliando o efeito da lâmina de irrigação sobre o índice de clorofila A e B em plantas de feijão-caupi, observa-se que não apresentaram efeito significativo em nenhuma das épocas de análise (Tabela 6). Quanto à aplicação de biofertilizante observa-se efeito significativo ($p>0,05$) desse fator isoladamente e interagindo com as lâminas de irrigação para o índice de clorofila A aos 45 e 75 DAS respectivamente.

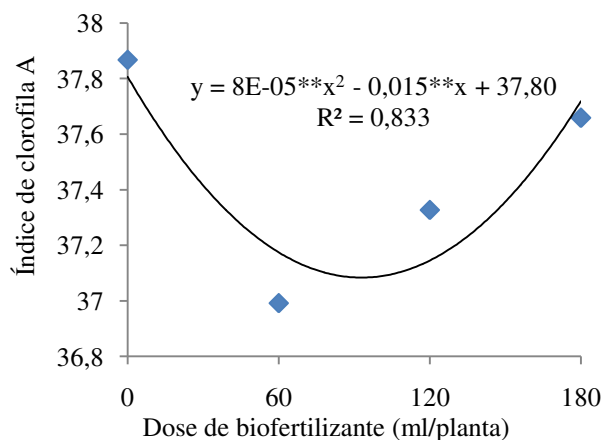
Tabela 6 - Resumo da análise de variância para taxa de índice de clorofila A e B (ICF), obtida de plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de biofertilizante bovino, aos 15, 45 e 75 DAS. Umirim-CE, 2015.

| F.V. | G. L. | Quadrados médios | | | | | |
|---------------------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| | | 15 DAS | | 45 DAS | | 75 DAS | |
| | | Clorofila A | Clorofila B | Clorofila A | Clorofila B | Clorofila A | Clorofila B |
| Bloco | 3 | 6,74 ^{ns} | 13,47 ^{**} | 14,91 ^{**} | 5,9 ^{ns} | 4,01 ^{ns} | 2,46 ^{ns} |
| Lâmina (L) | 3 | 5,16 ^{ns} | 4,15 ^{ns} | 1,73 ^{ns} | 0,12 ^{ns} | 89,1 ^{ns} | 101,35 ^{ns} |
| Resíduo (L) | 9 | 4,32 | 1,51 | 0,96 | 2,86 | 38,14 | 30,56 |
| Biofertilizante (B) | 3 | 10,48 ^{ns} | 5,71 ^{ns} | 2,35 [*] | 3,24 ^{ns} | 66,52 ^{ns} | 54,09 ^{ns} |
| L x B | 9 | 7,87 ^{ns} | 5,75 ^{ns} | 0,54 ^{ns} | 2,11 ^{ns} | 98,78 ^{**} | 69,76 ^{ns} |
| Resíduo (B) | 36 | 3,82 | 2,86 | 0,59 | 1,54 | 26,84 | 37,87 |
| CV% (L) | - | 6,27 | 14,1 | 2,63 | 13,45 | 15,91 | 29,9 |
| CV% (B) | - | 5,9 | 19,38 | 2,06 | 9,89 | 13,34 | 33,29 |

F.V. - Fontes de Variação; C.V. - Coeficiente de Variação; G.L. - Graus de Liberdade; *Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo

Observa-se na Figura 12 que a clorofila A, apresentou efeito significativo ($p>0,05$) sob as diferentes doses de biofertilizante, em que a equação de regressão se ajustou ao modelo quadrático, tendo como ponto mínimo sob a dose de 92,5 ml/planta (correspondendo ao valor de 37,08 ICF). A clorofila, principal pigmento responsável pela captação da energia luminosa no processo de fotossíntese, constitui um dos principais fatores relacionados à eficiência fotossintética de plantas e, em contrapartida, ao crescimento e adaptabilidade a diferentes ambientes (BASTOS et al., 2012).

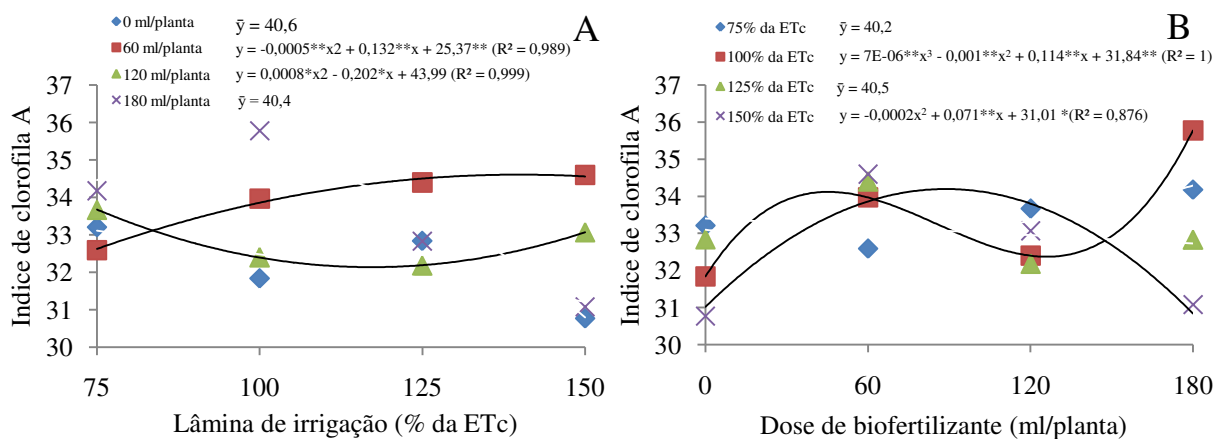
Figura 12 – Efeito das doses de biofertilizante sobre o índice de clorofila A em plantas de feijão-cupi aos 45 DAS. Umirim-CE, 2015.



**; * significância pelo teste F, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade de erro; \bar{y} : Média dos dados originais quando não houve ajuste matemático significativo.

A figura 13A apresenta a interação das diferentes lâminas de irrigação dentro das doses de biofertilizante sobre a clorofila A aos 75 DAS. Nota-se que sob as doses de 60 e 120 ml de biofertilizante/planta que houve ajuste da equação de regressão ao modelo quadrático. No desdobramento inverso (Figura 13B) nota-se que houve significância ($p > 0,05$) das lâminas de irrigação de 100 e 150% da ETc com as doses de biofertilizante.

Figura 13 – Desdobramento da interação das diferentes lâminas de irrigação com água salina vs doses de biofertilizante sobre o índice de clorofila A de plantas de feijão-caupi aos 75 dias após a semeadura. Umirim-CE, 2015.



(A) Desdobramento para o fator lâmina dentro de cada doses de biofertilizante; (B) desdobramento do fator biofertilizante dentro de cada lâmina de irrigação.

**, * significância pelo teste F, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade de erro; \bar{y} : Média dos dados originais quando não houve ajuste matemático significativo.

Sousa et al. (2013a), ao verificar o teor de clorofila em mudas de pinhão manso submetidas a diferentes doses de biofertilizante bovino, observou crescimento linear, com o aumento da dose aplicada. Dependendo da formulação, o biofertilizante pode ser um produto rico em nitrogênio e manganês, nutrientes essenciais a fotossíntese e que sob sua deficiência pode acarretar reduções nas taxas fotossintéticas.

Avaliando o efeito da lâmina de irrigação em plantas de feijão-caupi aos 15 DAS, observou-se que a concentração interna de CO₂ foi influenciada pelo volume de água aplicado a cultura (Tabela 7). Quanto à aplicação de biofertilizante nota-se que isoladamente ele não afetou significativamente nenhuma das variáveis analisadas aos 15 e 45 DAS, diferente da interação entre os fatores que apresentou efeito significativo para todas as variáveis. Aos 75 DAS nota-se efeito significativo ($p > 0,05$) da lâmina de irrigação para todas as variáveis analisadas e do biofertilizante sobre a condutância estomática.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para taxa de fotossíntese líquida (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO₂ (*Ci*) e transpiração (*E*) obtida de plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de biofertilizante bovino, aos 15, 45 e 75 DAS. Umirim-CE, 2015.

| F.V. | G. L. | Quadrados médios - 15 DAS | | | |
|---------------------|-------|---------------------------|-----------|-----------|----------|
| | | <i>A</i> | <i>gs</i> | <i>Ci</i> | <i>E</i> |
| Bloco | 3 | 42,21 ** | 0,005 ns | 969,9 ** | 0,61 ns |
| Lâmina (L) | 3 | 10,49 ns | 0,005 ns | 493,19 ** | 2,03 ns |
| Resíduo (L) | 9 | 4,84 | 0,003 | 48,28 | 0,96 |
| Biofertilizante (B) | 3 | 16,15 ns | 0,003 ns | 322,53 ns | 0,88 ns |
| L x B | 9 | 25,29 ** | 0,008 ** | 577,05 * | 2,36 ** |
| Residuo (B) | 36 | 6,89 | 0,002 | 197,78 | 0,77 |
| CV% (L) | - | 24,96 | 25,2 | 2,21 | 17,75 |
| CV% (B) | - | 29,77 | 23,89 | 4,46 | 15,92 |

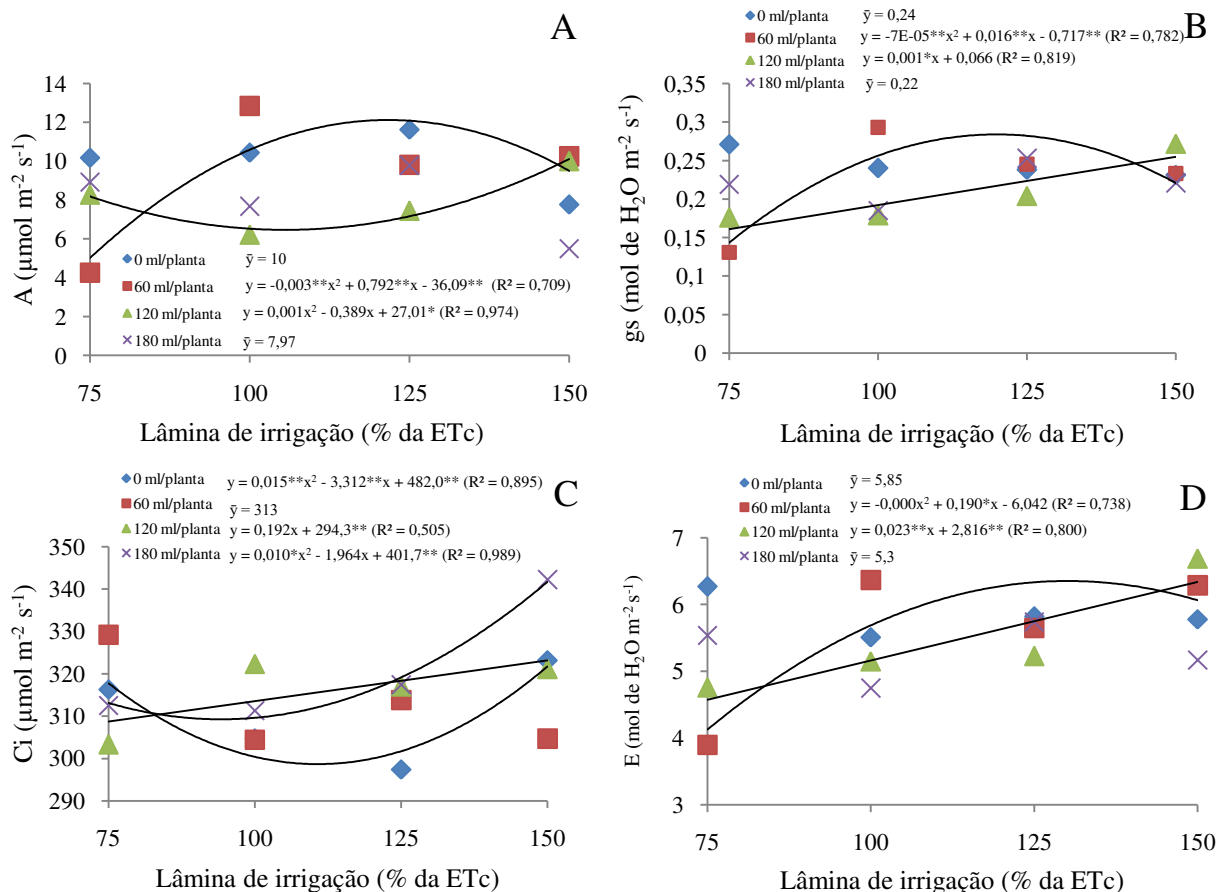
| F.V. | G. L. | Quadrados médios - 45 DAS | | | |
|-------|-------|---------------------------|-----------|-----------|----------|
| | | <i>A</i> | <i>gs</i> | <i>Ci</i> | <i>E</i> |
| Bloco | 3 | 5,01 ns | 0,0005 ns | 78,93 ns | 6,1 ns |

| | | | | | |
|---------------------------|-------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| Lâmina (L) | 3 | 10,78 ^{ns} | 0,0004 ^{ns} | 269,32 ^{ns} | 0,42 ^{ns} |
| Resíduo (L) | 9 | 3,32 | 0,002 | 164,14 | 1,24 |
| Biofertilizante (B) | 3 | 15,78 ^{ns} | 0,002 ^{ns} | 62,88 ^{ns} | 1,67 ^{ns} |
| L x B | 9 | 28,92 [*] | 0,006 [*] | 549,82 ^{**} | 2,87 [*] |
| Resíduo (B) | 36 | 28,92 | 0,002 | 159,05 | 1,13 |
| CV% (L) | - | 9,97 | 18,17 | 5,16 | 15,91 |
| CV% (B) | - | 17,59 | 19,86 | 5,08 | 15,22 |
| Quadrados médios - 75 DAS | | | | | |
| F.V. | G. L. | | | | |
| | | <i>A</i> | <i>gs</i> | <i>Ci</i> | <i>E</i> |
| Bloco | 3 | 2,18 ^{ns} | 0,0004 ^{ns} | 143,83 ^{ns} | 4,15 ^{ns} |
| Lâmina (L) | 3 | 169,94 [*] | 0,058 [*] | 3340,29 ^{**} | 22,01 ^{**} |
| Resíduo (L) | 9 | 37,01 | 0,008 | 434,88 | 2,21 |
| Biofertilizante (B) | 3 | 30,72 ^{ns} | 0,014 [*] | 785,24 ^{ns} | 4,67 ^{ns} |
| L x B | 9 | 35,97 ^{ns} | 0,009 ^{ns} | 814,24 ^{ns} | 3,12 ^{ns} |
| Resíduo (B) | 36 | 25,78 | 0,004 | 482,6 | 1,68 |
| CV% (L) | - | 31,14 | 42,28 | 9,68 | 26,78 |
| CV% (B) | - | 25,99 | 32,53 | 10,2 | 23,38 |

F.V. - Fontes de Variação; C.V. - Coeficiente de Variação; G.L. - Graus de Liberdade; *Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo

Na Figura 14 observa-se a interação das diferentes lâminas de irrigação com as doses de biofertilizante, sobre as trocas gasosas em plantas de feijão-caupi. Nota-se que com o aumento da lâmina de irrigação, há efeito significativo ($p > 0,05$) sob as doses de biofertilizante. Para fotossíntese o ajuste foi significativo ($p > 0,05$) para regressão quadrática quando utilizou-se a dose de 60 ml/planta e linear para a dose de 120 ml/planta de biofertilizante (Figura 14A).

Figura 14 - Interação das diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses de biofertilizante sobre a fotossíntese (A) (A), condutância estomática (g_s) (B), concentração interna de carbono (C_i) (C) e transpiração (E) (D) em plantas de feijão caupi aos 15 dias após a semeadura. Umirim-CE, 2015.



**; * significância pelo teste F, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade de erro; \bar{y} : Média dos dados originais quando não houve ajuste matemático significativo.

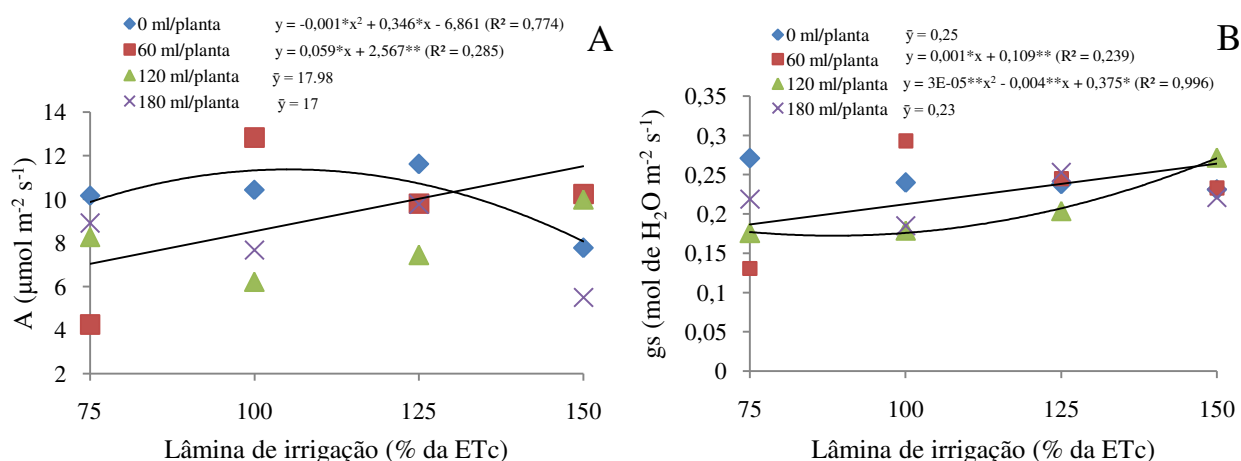
A Figura 14B representa o comportamento da condutância estomática sob as diferentes lâminas de irrigação e doses de biofertilizante. Sob as doses de 60 e 120 ml/planta de biofertilizante houve ajuste matemático significativo ($p < 0,05$) ao modelo quadrático e linear, respectivamente. Na dose de 120ml/planta houve aumento da abertura estomática com aumento da lâmina de irrigação, sendo obtido valor mínimo de $0,163 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ sob a lâmina de 75% da ETc e máximo de $0,261 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ sob a lâmina de 150% da ETc, aumento este equivalente a 59,6%.

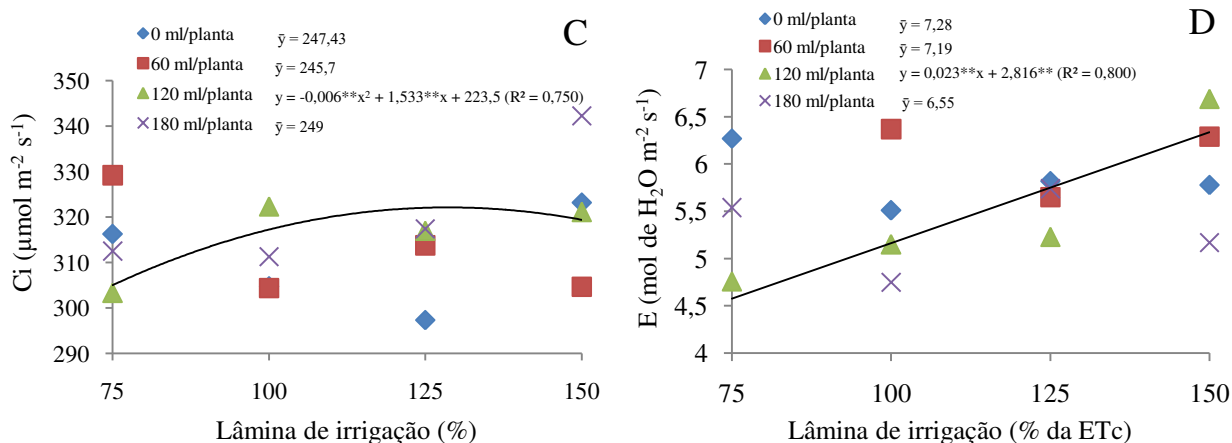
Para concentração interna de CO_2 e transpiração (Figura 14C e D) observa-se

ajuste significativo ($p > 0,05$) da equação de regressão. As respostas da fotossíntese, condutância estomática, concentração de CO_2 e transpiração, nas plantas sob efeito de biofertilizante, evidenciam a ação do insumo em condições de estresse hídrico e salino na cultura do feijão-caupi, podendo estar relacionado não só à melhoria na aquisição de nutrientes minerais do solo, mas principalmente a maior disponibilidade de água retida pela matéria orgânica. Cavalcante et al. (2010) verificaram que o esterco bovino líquido aplicado na superfície do solo forma uma camada de impedimento às perdas elevadas de água por evaporação, o que possibilita às células vegetais permanecerem túrgidas por mais tempo em relação às plantas que não receberam o insumo.

Observa-se na figura 15 a interação das lâminas de irrigação com as doses de biofertilizante sob as trocas gasosas de plantas de feijão-caupi aos 45 DAS. Nota-se que para fotossíntese (Figura 15A) que sem o uso de biofertilizante e sob a dose de 60 ml/planta que houve efeito significativo ($p > 0,05$) ajustando a equação de regressão respectivamente ao modelo quadrático e linear. Na dose de 60 ml de biofertilizante/planta a taxa fotossintética foi de $6,9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, sob a lâmina de 75% da ETc e de $11,41 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ sob a lâmina de 150% da ETc , aumento este correspondente a 63,2%,

Figura 15 - Interação das diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses de biofertilizante sobre a fotossíntese (A) (A), condutância estomática (g_s) (B), concentração interna de carbono (C_i) (C) e transpiração (E) (D) em plantas de feijão caupi aos 45 dias após a semeadura. Umirim-CE, 2015.





**; * significância pelo teste F, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade de erro; \bar{y} : Média dos dados originais quando não houve ajuste matemático significativo.

Na figura 15B observa-se a interação das diferentes lâminas de irrigação com as doses de biofertilizante sob a condutância estomática, em que houve efeito significativo ($p > 0,05$) ao modelo linear sob a dose de 60 ml/planta de biofertilizante e quadrático sob a dose de 120 ml/planta de biofertilizante. Sob a lâmina de 75% da ETc obtém-se uma condutância estomática de $0,184 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, resultado este 40,7% inferior ao máximo obtido ($0,258 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) que foi sob a lâmina de 150% da ETc.

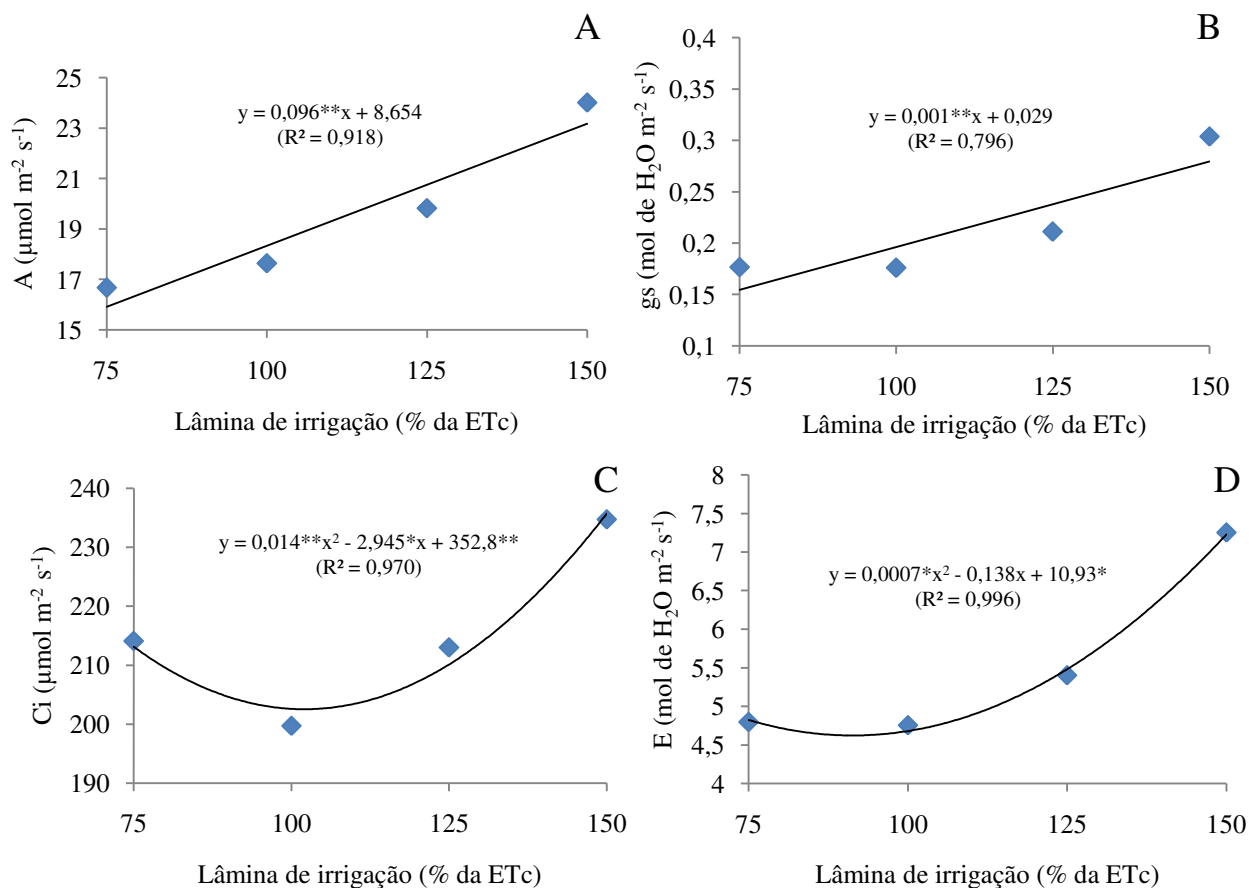
A condutância estomática é considerada como a variável fisiológica mais sensível ao estresse hídrico, pois à medida que diminui a disponibilidade de água no solo, há redução na condutância estomática, no sentido de minimizar a perda de água e manter a turgescência das células, o que vem a refletir na formação de carboidratos na fotossíntese e no acúmulo em fitomassa na planta, principalmente do caule (BRITO et al., 2013). Tal comportamento constitui um dos importantes mecanismos de defesa que as plantas apresentam contra as perdas excessivas de água, bem como compõe uma das estratégias adaptativas diante da imposição do déficit hídrico (INOUE; MARTINS, 2006).

Para concentração interna de CO_2 e transpiração (Figura 15C e D) observa-se efeito significativo ($p > 0,05$) da equação de regressão sob a dose de 120 ml/planta de biofertilizante, ajustando-se respectivamente ao modelo quadrático e linear.

Na figura 16 observa-se o efeito das lâminas de irrigação sobre as trocas gasosas de plantas de feijão-caupi aos 75DAS. Nota-se que para a fotossíntese (Figura 16A) houve efeito significativo ($p > 0,05$) para o modelo linear, sendo observado valor mínimo de 15,85

$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ sob a lâmina de 75% da ETc e valor máximo de $23,04 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, aumento este equivalente a 45,35%.

Figura 16 – Efeito das diferentes lâminas de irrigação com água salina a fotossíntese (A) (A), condutância estomática (g_s) (B), concentração interna de carbono (C_i) (C) e transpiração (E) (D) em plantas de feijão caupi aos 75 dias após a semeadura. Umirim-CE, 2015.



**; * significância pelo teste F, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade de erro; \bar{y} : Média dos dados originais quando não houve ajuste matemático significativo.

Para condutância estomática nota-se efeito significativo ($0 > 0,05$) ajustando-se a equação de regressão ao modelo linear, obtendo valor mínimo de $0,152 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ sob a lâmina de 75% da ETc, valor este 80,9% inferior ao máximo obtido ($0,276 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) sob a lâmina de 150% da ETc.

Em condições limitadas no suprimento de água no solo, ocorre inibição da fotossíntese, devido redução na abertura estomática que é o primeiro mecanismo de proteção

para evitar a perda excessiva de água e manutenção de turgescência da planta (HU; WANG; HUANG., 2010). Quando sob estresse hídrico, a planta passa por diversas mudanças fisiológicas e morfológicas, a redução na abertura estomática é uma dessas mudanças a qual ocorre devido ao aumento na concentração de ácido abscísico (ABA), um hormônio produzido na raiz que tem como uma das suas funções, controlar a abertura e fechamento dos estômatos, reduzindo ou aumentando a transpiração e por conseqüência as perdas de água (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Para concentração interna de CO₂ (Figura 16C) a equação de regressão melhor se ajustou ao modelo quadrático. Sendo observado ponto mínimo sob a lâmina de 103% da ETc, valor este equivalente a 201,17 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Comumente, o incremento nos valores de Ci é acompanhado de acréscimos na gs; deste modo, a limitação estomática seria o fator principal da limitação do desempenho fotossintético, pois quanto maior a abertura estomática maior a difusão de CO₂ para a câmara subestomática (NASCIMENTO, 2009).

Segundo Jadoski; Klar; Salvador (2005), o aumento na taxa de assimilação de CO₂ está relacionado à maior concentração de CO₂ constatada no interior das folhas, o que pode decorrer do fechamento estomático, em resposta aos estresses abióticos. Quando plantas são submetidas ao estresse hídrico, normalmente ocorre redução na abertura estomática como medida de proteção, e por conseqüência há redução no influxo de CO₂ na câmara subestomática. Nessas condições ocorre o aumento da atividade da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (rubisco) aumentando com isso o consumo de CO₂ (MACHADO et al., 2005).

Para a transpiração (Figura 16D) as diferentes lâminas de irrigação apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) em que a equação de regressão se ajustou ao modelo quadrático, tendo como mínimo sob a lâmina de 92% da ETc, equivalendo a 4,58 mol de H₂O $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$. O valor obtido é 54,9% menor ao máximo valor obtido, que foi sob a lâmina de 150% da ETc, valor igual a 7,09 mol de H₂O $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

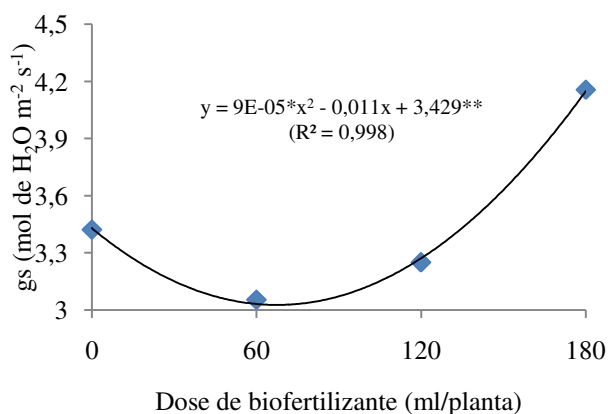
Solos que apresentam água em abundância favorecem a troca de água pela transpiração, permitindo maiores trocas de CO₂ com o ambiente, elevando a fotossíntese, e por conseqüência o crescimento e a produção (KERBAUY, 2009). Entretanto à medida que se reduz a disponibilidade de água no solo ocorre redução na abertura dos estômatos, antes da redução da turgescência foliar, reduzindo a perda de água por transpiração (THOMPSON et

al., 2007), em resposta ao acúmulo de ABA nas folhas, devido a redução do potencial da água no solo (CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009).

Estes resultados mostram que a redução na disponibilidade de água causa redução sobre condutância estomática, concentração interna de CO_2 e taxas de transpiração. A redução do potencial da água na folha, onde a diminuição desse potencial provoca o fechamento dos estômatos, diminuindo conseqüentemente a condutância estomática e a transpiração (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Na figura 17 observa-se o efeito das diferentes doses de biofertilizante sobre a condutância estomática de plantas de feijão-caupi aos 75 DAS. Nota-se que houve efeito significativo ($0 > 0,05$) ajustando ao modelo quadrático. O aumento da dose de biofertilizante aumentou a abertura estomática a partir do ponto mínimo, na dose de 62 ml/planta de biofertilizante, valor este equivalente a $3,07 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Ressalte-se que o nitrogênio é um nutriente que está envolvido nos processos protoplasmáticos, em reações enzimáticas e na fotossíntese enquanto o potássio acumulado cria um gradiente osmótico que permite o movimento de água regulando a abertura e o fechamento dos estômatos (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Figura 17 - Condutância estomática de plantas de feijão-caupi sob efeito de diferentes doses de biofertilizante aos 75 dias após a semeadura. Umirim-CE, 2015



**; * significância pelo teste F, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade de erro; \bar{y} : Média dos dados originais quando não houve ajuste matemático significativo.

4.2 Análise do crescimento do feijão-caupi

Avaliando o efeito da lâmina de irrigação no crescimento de plantas de feijão-caupi, observou-se efeito significativo para o diâmetro do caule e comprimento da haste principal (Tabela 8). Quanto à aplicação de biofertilizante observa-se efeito significativo isoladamente sobre o número de folhas por planta e interação significativa com a lâmina de irrigação para a área foliar.

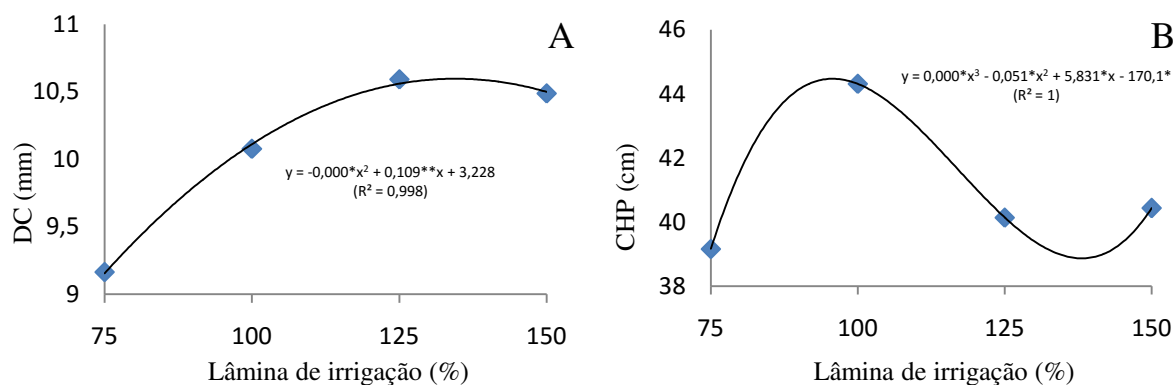
Tabela 8 - Resumo da análise de variância para diâmetro de caule (DC); comprimento da haste principal (CHP), número de folhas (NF) e área foliar (AF) obtida de plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de biofertilizante bovino.

| F.V. | G. L. | Quadrados médios | | | |
|---------------------|-------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | | DC | CHP | NF | AF |
| Bloco | 3 | 12,09 ** | 972,2 ** | 21,35 ^{ns} | 263473 ^{ns} |
| Lâmina (L) | 3 | 6,76 ** | 82,17 * | 36,04 ^{ns} | 1270931 * |
| Resíduo (L) | 9 | 0,44 | 17,72 | 24,54 | 293164 |
| Biofertilizante (B) | 3 | 0,3 ^{ns} | 122,3 ^{ns} | 33,61 * | 449896 ^{ns} |
| L x B | 9 | 0,45 ^{ns} | 71,21 ^{ns} | 16,34 ^{ns} | 491175 * |
| Resíduo (B) | 36 | 1,02 | 48,74 | 8,55 | 174446 |
| CV% (L) | - | 6,62 | 10,26 | 29,67 | 18,53 |
| CV% (B) | - | 10,06 | 17,02 | 17,52 | 17,17 |

F.V. - Fontes de Variação; C.V. - Coeficiente de Variação; G.L. - Graus de Liberdade; *Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo.

Na Figura 18A, verifica-se o efeito das lâminas de irrigação no diâmetro do caule de plantas de feijão-caupi. Nota-se, que a cultura respondeu de forma satisfatória ao aumento da lâmina aplicada, se ajustando ao modelo matemático quadrático, apresentando coeficiente de determinação de 0,998 e ponto de máxima na lâmina de 136,3% da ETc. Costa (2014) conduzindo a cultura do quiabeiro sob diferentes lâminas de irrigação, observou comportamento semelhante quanto ao diâmetro de caule, apresentando decréscimo após aplicação de uma lâmina equivalente a 115,9% da evapotranspiração do tanque classe A.

Figura 18– Diâmetro de caule (DC) (A) e comprimento da haste principal (CHP) (B) de plantas de feijão-caupi em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação com água salina. Umirim-CE, 2015.

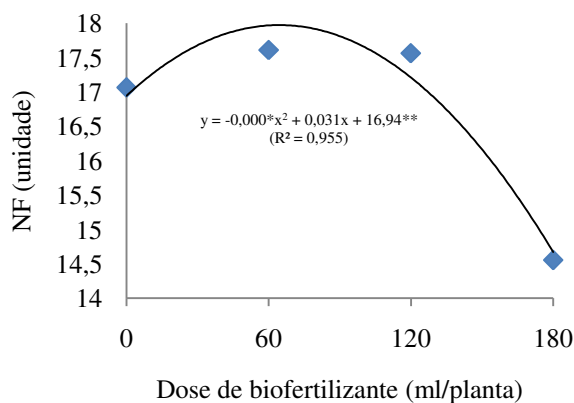


**; * significância pelo teste F, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade de erro; \bar{y} : Média dos dados originais quando não houve ajuste matemático significativo.

Para o comprimento da haste principal (Figura 18B) nota-se que a equação de regressão se ajustou ao modelo cúbico sob efeito das diferentes lâminas de irrigação. Resultado diferente dos obtidos por Locatelli et al. (2013), que ao conduzir a cultura do feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação, notou aumento desta variável com o aumento da lâmina de irrigação. Segundo Mesquita et al. (2013) a aplicação excessiva de água pode provocar maior lixiviação de nutrientes essenciais ao crescimento além de saturar o solo provocando menor oxigenação do sistema radicular.

Na Figura 19 observa-se a resposta das diferentes doses de biofertilizantes sobre o número de folhas em plantas de feijão-caupi. Pode-se notar que a equação de regressão ajustou-se a um modelo quadrático, com ponto máximo sobre a dose de 69 ml/planta de biofertilizante, seguido por um decréscimo de 6,87% até a dose máxima (180 ml/planta). Resultados estes corroboram com os obtidos por Silva et al. (2013), que avaliando diferentes doses de biofertilizante em plantas de feijão-caupi, verificou aumento no número de folhas até determinada dose do insumo orgânico, seguido por um declínio nas médias observadas.

Figura 19 – Número de folhas (NF) de plantas de feijão-caupi em função da aplicação de diferentes doses de biofertilizante. Umirim-CE, 2015.



**; * significância pelo teste F, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade de erro; \bar{y} : Média dos dados originais quando não houve ajuste matemático significativo.

Segundo Devidé et al. (2000) os biofertilizantes preparados a partir de insumos renováveis e localmente disponíveis na propriedade, podem representar uma alternativa viável para emprego em sistemas convencionais e orgânicos de produção agrícola. Contudo, antes de se fazer uso destes produtos, recomenda-se avaliar suas características físico-químicas, de modo a evitar possíveis problemas com fitotóxicidade nas plantas. Taiz e Zeiger (2013) relatam que o suprimento inadequado dos elementos essenciais às plantas causa distúrbios nos processos metabólicos e fisiológicos das plantas.

Na tabela 9 observa-se o desdobramento da lâmina de irrigação com as diferentes doses de biofertilizante para a área foliar. As plantas com maior AF ocorreram sob a lâmina de 150% da ETc sem uso de biofertilizante, diferindo estatisticamente das demais .

Tabela 9 - Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para a área foliar de plantas de feijão-caupi. Umirim-CE, 2015.

| Lâmina de irrigação (%) | Dose de Biofertilizante (ml/planta) | | | | Média |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------|------------|------------|------------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | |
| 75 | 2131,97 bA | 2091,84 abA | 2183,71 aA | 1979,95 aA | 2096,87 b |
| 100 | 2465,03 bA | 1984,85 bA | 2450,60 aA | 2387,16 aA | 2321,91 ab |
| 125 | 2392,05 bA | 2816,26 aA | 2887,79 aA | 2207,37 aA | 2575,87 ab |
| 150 | 3496,45 aA | 2820,82 aAB | 2347,49 aB | 2284,20 aB | 2737,24 a |
| Média | 2621,37 A | 2428,44 AB | 2467,4 AB | 2214,67 B | 2432,97 |

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

O biofertilizante é um adubo orgânico rico em macro e micro nutrientes, oriundo da fermentação da matéria orgânica, atuando nutricionalmente sobre o metabolismo vegetal (MEDEIROS et al., 2003). Entretanto, apesar de normalmente ser usado como fonte de nutrientes, algumas culturas podem apresentar fitotoxicidade quando expostos a elevadas doses do produto, principalmente decorrente da elevada concentração de sais de algumas formulações (GOLÇALVES et al., 2009). Silva et al. (2013b) avaliando diferentes doses de biofertilizante aeróbico no feijão-caupi, observou comportamento semelhante para área foliar, respondendo positivamente ao aumento das doses, seguido por um decréscimo após atingir seu ponto máximo.

Segundo Taiz e Zeiger (2013), a redução na área foliar das plantas sob deficiência hídrica funciona como mecanismo de defesa. Além de que a redução na disponibilidade de água provoca redução do tamanho das células, tornando-as flácidas, assim como provocando aumento na concentração de solutos e espessamento da membrana plasmática (NELSON; MOSER, 1994; LEÃO, 2006).

Na tabela 10 observamos que a lâmina de irrigação, apresentou efeito significativo para a massa seca de caule, folha e total. Quanto ao biofertilizante não obtivemos efeito significativo para nenhuma das variáveis analisadas.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para massa fresca de folha (MFF), massa fresca de caule (MFC), massa fresca total (MFT), massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC) e massa seca total (MST) obtida de plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de biofertilizante bovino. Umirim-CE, 2015.

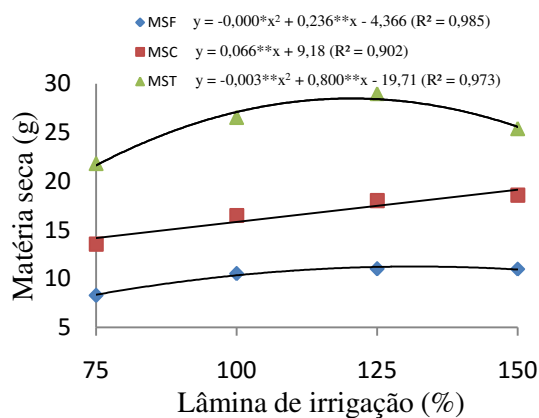
| F.V. | G. L. | Quadrados médios | | | | | |
|---------------------|-------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | MFF | MFC | MFT | MSF | MSC | MST |
| Bloco | 3 | 1012,25 ^{ns} | 2251,53 [*] | 6179,48 [*] | 3,56 ^{ns} | 77,38 ^{**} | 103,36 [*] |
| Lâmina (L) | 3 | 918,48 ^{ns} | 923,57 ^{ns} | 3710,64 ^{ns} | 26,89 ^{**} | 81,02 ^{**} | 141,99 [*] |
| Resíduo (L) | 9 | 385,09 | 338,74 | 1383 | 2,28 | 10,32 | 25,69 |
| Biofertilizante (B) | 3 | 277,51 ^{ns} | 409,56 ^{ns} | 1040 ^{ns} | 3,71 ^{ns} | 4,15 ^{ns} | 10,5 ^{ns} |
| L x B | 9 | 283,65 ^{ns} | 435,83 ^{ns} | 1377,11 ^{ns} | 2,67 ^{ns} | 4,93 ^{ns} | 8,23 ^{ns} |
| Resíduo (B) | 36 | 186,39 | 379,25 | 1071 | 3,26 | 11,46 | 29,65 |
| CV% (L) | - | 24,7 | 21,48 | 22,57 | 14,84 | 19,32 | 19,74 |
| CV% (B) | - | 17,19 | 22,73 | 19,87 | 17,74 | 20,35 | 21,21 |

F.V. - Fontes de Variação; C.V. - Coeficiente de Variação; G.L. - Graus de Liberdade; *Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo.

Nota-se na Figura 20, o efeito da lâmina de irrigação sobre a matéria seca de caule, folha e total. Para a matéria seca de caule, nota-se que a equação de regressão foi matematicamente significativa ($p > 0,05$) ao modelo linear, sendo observado aumento de 34,98%, da menor a maior lâmina aplicada.

Para a massa seca de folha e total, constatou-se que a equação de regressão foi matematicamente significativa ($p > 0,05$) para modelo quadrático, sendo observado ponto de máximo para a matéria seca de folha na lâmina de 119,2% da ETc, valor equivalente a 9,69g. Para a matéria seca total o ponto de máximo obtido foi sob a lâmina 121,2% da ETc, valor este 32,42% superior a menor média calculada dentro das lâminas trabalhadas.

Figura 20 - Matéria seca de folha (MSF), caule (MSC) e total (MST) (C e D) de plantas de feijão-caupi em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação com água salina e diferentes doses de biofertilizante bovino.



**; * significância pelo teste F, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade de erro; \bar{y} : Média dos dados originais quando não houve ajuste matemático significativo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2011) e Silva et al. (2014), que observaram ajuste ao modelo quadrático para o modelo matemático, tendo aumento da matéria seca da parte aérea em plantas de feijão-caupi com o aumento da lâmina de irrigação aplicada.

A redução da massa seca total pode estar associada a dois fatores: o primeiro, esta relacionado ao excesso de água, provocado pelo aumento do volume de água aplicada; e o segundo pode ser devido ao acúmulo de sais no solo, oriundos da água salina usada na irrigação. O efeito da salinidade sobre a massa seca da parte aérea do feijão-caupi tem sido relatado por vários autores (SOUSA et al., 2007; NEVES et al., 2009 e SILVA et al., 2011b). Pois o excesso de sais reduz o potencial osmótico do solo, inibindo a absorção de água e nutrientes pela planta, e conseqüentemente a produção de fotoassimilados (FIGUEIRÊDO et al., 2009).

Assis Júnior et al. (2007), mostraram que o processo de lixiviação decorrente da aplicação de lâminas de água acima da recomendação, 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. Porém, Gurgel et al. (2003) avaliando a salinidade do solo decorrente aplicação de diferentes

lâminas de irrigação com água salina na cultura do meloeiro, observaram que até os 40 dias do ciclo da cultura, houve aumento do conteúdo de sais, independente das lâminas aplicadas. Entretanto após esse período até os 70 dias (fim do ciclo da cultura) foi observada redução da salinidade do solo com o aumento do volume de água aplicada, fato este decorrente da lixiviação dos sais. A redução da salinidade no final do ciclo, pode ser reflexo do acúmulo excessivo de água, proporcionando desta forma uma lixiviação mais efetiva dos sais.

Para a razão de área foliar e peso foliar, observa-se que não houve efeito significativo para nenhum dos fatores analisados. Diferente da área foliar específica que apresentou efeito significativo isoladamente da lâmina de irrigação e interagindo com as doses de biofertilizante, a um nível de 5% (Tabela 11).

Tabela 11 - Resumo da análise de variância para razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF) e área foliar específica (AFE), obtida em plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de biofertilizante bovino. Umirim-CE, 2015.

| F.V. | G. L. | Quadrados médios | | |
|---------------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | RAF | RPF | AFE |
| Bloco | 3 | 1107,29 * | 0,004 ^{ns} | 599,16 ^{ns} |
| Lâmina (L) | 3 | 423,29 ^{ns} | 0,0007 ^{ns} | 1346,24 * |
| Resíduo (L) | 9 | 210,66 | 0,001 | 243,24 |
| Biofertilizante (B) | 3 | 399,85 ^{ns} | 0,002 ^{ns} | 769,43 ^{ns} |
| L x B | 9 | 236,28 ^{ns} | 0,0009 ^{ns} | 1579,21 * |
| Resíduo (B) | 36 | 187,75 | 0,0008 | 679,92 |
| CV% (L) | - | 15,63 | 10,8 | 6,5 |
| CV% (B) | - | 14,76 | 7,57 | 11,01 |

F.V. - Fontes de Variação; C.V. - Coeficiente de Variação; G.L. - Graus de Liberdade; *Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo.

Na tabela 12 observamos o desdobramento dos fatores para a área foliar específica, onde nota-se que sob a lâmina de 150% da ETc sem uso de biofertilizante, obteve-se maior média. De acordo com Evans e Poorter (2001), o aumento da AFE é um fator importante na maximização do ganho de carbono por unidade de massa foliar, principalmente quando submetida a algum tipo de estresse abiótico, pois permite avaliarmos o seu efeito sobre o ganho de matéria seca (g) por unidade de área (cm²).

Tabela 12 - Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para área foliar específica de plantas de feijão-caupi. Umirim-CE, 2015.

| Lâmina de irrigação (%) | Dose de Biofertilizante (ml/planta) | | | | Média |
|-------------------------|-------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | |
| 75 | 258,44 abA | 234,01 aA | 266,17 aA | 239,87 aA | 249,62 a |
| 100 | 211,80 cA | 235,45 aA | 231,07 aA | 240,16 aA | 229,62 b |
| 125 | 234,41 bcA | 247,35 aA | 245,22 aA | 213,15 aA | 235,03 ab |
| 150 | 284,13 aA | 244,14 aAB | 223,83 aB | 228,87 aB | 245,62 ab |
| Média | 247,19 A | 240,23 A | 241,57 A | 230,51 A | 239,88 |

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

4.3 Análise dos componentes produtivos e produtividade do feijão-caupi

A análise de variância apresentada na Tabela 13 mostra que houve efeito significativo pelo teste F, para todas as análises analisadas. Sendo observado efeito isolado e a interação dos fatores para o comprimento médio de vagens secas, do biofertilizante para o número de vagens por planta e da lâmina de irrigação para o número de grãos por vagem.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância para o número de vagens por planta (NVP); comprimento médio de vagens secas (CMVS) e número de grãos por vagem (NGV) obtida de plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de biofertilizante bovino. Umirim-CE, 2015.

| F.V. | G. L. | Quadrados médios | | |
|---------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | NVP | CMVS | NGV |
| Bloco | 3 | 23,82 ** | 0,68 ^{ns} | 49,09 * |
| Lâmina (L) | 3 | 2,59 ^{ns} | 21,26 ** | 14,11 ** |
| Resíduo (L) | 9 | 1,36 | 2,31 | 0,53 |
| Biofertilizante (B) | 3 | 7,5 * | 15,59 ** | 2,08 ^{ns} |
| L x B | 9 | 2,88 ^{ns} | 8,84 * | 7,53 ^{ns} |
| Resíduo (B) | 36 | 2,35 | 3,12 | 3,85 |
| CV% (L) | - | 19,69 | 6,31 | 8,4 |
| CV% (B) | - | 25,85 | 7,34 | 22,5 |

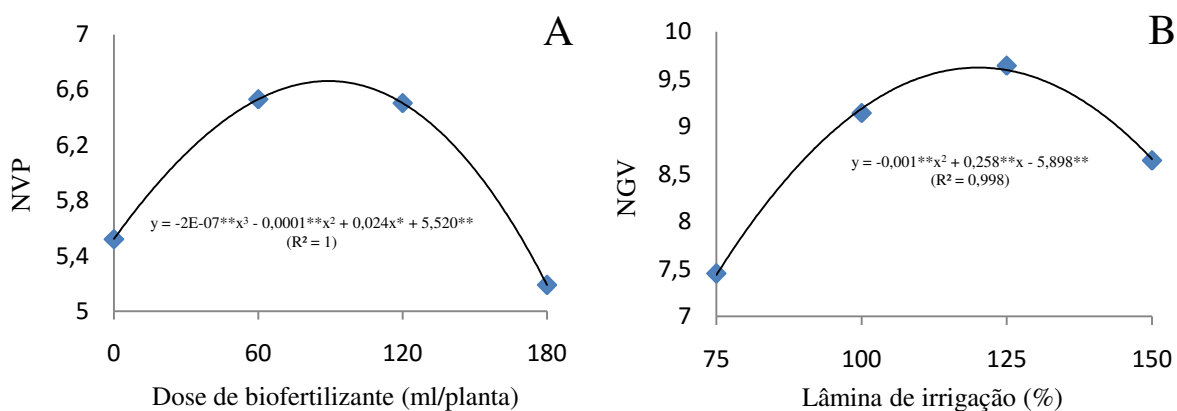
F.V. - Fontes de Variação; C.V. - Coeficiente de Variação; G.L. - Graus de Liberdade; *Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo.

Observa-se na Figura 21A o efeito da dose de biofertilizante sobre o número de vagens por planta, em que a equação melhor se ajustou ao modelo cúbico. Alves et al. (2009b)

observaram resultados semelhantes na cultura do feijão-caupi, apresentando maiores médias quando aplicado 50ml/planta de biofertilizante. Resultados estes divergentes dos obtidos por Beltrão Junior et al. (2012), que ao aplicarem diferentes doses de biofertilizante na cultura do feijão-caupi observaram redução linear no número de vagens, decorrente o aumento das doses.

Santana et al. (2012) ressaltam que o material orgânico no solo resulta em muitos efeitos benéficos, tais como melhoria nas propriedades biológicas, físicas e químicas do solo, aumentando, dessa forma, o fornecimento de nutrientes às plantas. Entretanto, de acordo com Figueiredo et al. (2012), quando utilizados em doses muito elevadas tornam-se prejudiciais às culturas, o que vai depender de sua composição química, taxa de mineralização e teor de nitrogênio, o que pode explicar a redução do número de vagens quando foram aplicadas as doses mais elevadas de adubos.

Figura 21 – Número de vagens por planta (NVP) (A) e de grãos por vagem (NGV) (B) de plantas de feijão-caupi em função da aplicação de diferentes doses de biofertilizante e lâminas de irrigação com água salina, respectivamente. Umirim-CE, 2015.



**; * significância pelo teste F, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade de erro; \bar{y} : Média dos dados originais quando não houve ajuste matemático significativo.

Para o número de grãos por vagem (Figura 21B), nota-se que houve ajuste matemático significativo ($p > 0,05$) ao modelo quadrático, onde estima-se que sob a lâmina de 120,6% da ETc tem-se atingido o ponto de máxima, equivalente a 9,65 grãos por vagem. Torres et al. (2013) observaram resultados semelhantes para a cultura do feijão comum, em

que o aumento da lâmina aplicada proporcionou aumento do número de grãos por vagem até a 115,9% da lâmina de reposição.

Azevedo et al. (2011) e Stone e Moreira (2001), conduzindo o cultivo de feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação, observaram variação no número de grãos por vagem em função da quantidade de água aplicada na cultura, sendo apresentando valores menores nos tratamentos com excesso e déficit de irrigação, indicando que mesmo um estresse hídrico de pequena intensidade já induz um reflexo negativo no rendimento da planta. Nascimento et al. (2004) observou redução de até 22% no número de grãos por vagem, quando se reduziu em 60% o volume de água aplicado para a cultura do feijão-caupi.

Bezerra et al. (2003) considera a fase de floração como um dos estádios mais sensíveis ao estresse hídrico, e dependendo de sua severidade pode reduzir significativamente a produtividade da cultura. Concluiu-se, também, que o estresse hídrico nas fases de pré-floração e plena-floração está relacionado ao aumento na síntese de ácido abscísico e etileno no pedúnculo da flor, provocando sua queda, ao menor movimento, e impedindo a formação de vagens e grãos (SOUSA et al., 2009)

Observa-se na Tabela 14 o desdobramento da interação entre os fatores analisados para o comprimento médio de vagem. Nota-se que sob a dose de 0 e 180ml/planta de biofertilizante, o aumento da lâmina de irrigação, proporcionou aumento significativo no comprimento médio de vagem.

Tabela 14 - Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para o comprimento médio de vagem (cm) do feijão-caupi. Umirim-CE, 2015.

| Lâmina de irrigação (%) | Dose de Biofertilizante (ml/planta) | | | | Média |
|-------------------------|-------------------------------------|----------|-----------|------------|---------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | |
| 75 | 20,91 bA | 22,65 aA | 23,88 aA | 22,05 bA | 22,37 b |
| 100 | 27,37 aA | 22,64 aB | 24,7 aAB | 24,82 abAB | 24,88 a |
| 125 | 25,88 aA | 22,4 aB | 23,72 aAB | 25,56 aAB | 24,39 a |
| 150 | 24,85 aAB | 22,96 aB | 26,77 aA | 24,01 abAB | 24,65 a |
| Média | 24,75 A | 22,66 B | 24,11 AB | 24,76 A | 24,07 |

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

Observa-se na Tabela 15 a análise de variância para os demais componentes produtivos e de produtividade do feijão-caupi, em que a lâmina de irrigação e o biofertilizante

interferiram isoladamente para algumas das variáveis analisadas. Entretanto nota-se que houve interação significativa entre os fatores para todas as variáveis analisadas, sendo ao nível de 1% de significância para a massa de vagem seca, massa de grãos secos por vagem e massa de cem grãos, e a 5% para a produtividade de grãos secos.

Tabela 15 - Resumo da análise de variância para massa de vagem seca (MVS); massa de grãos secos por vagem (MGSV); massa de cem grãos (M100GS) e produção de grãos secos por planta (PGSP) obtida de plantas de feijão-caupi irrigada com diferentes lâminas de água salina e doses de biofertilizante bovino. Umirim-CE, 2015.

| F.V. | G. L. | Quadrados médios | | | |
|---------------------|-------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| | | MVS | MGSV | M100GS | PGS |
| Bloco | 3 | 0,08 ^{ns} | 0,31 ^{ns} | 6,26 ^{ns} | 207,16 ^{**} |
| Lâmina (L) | 3 | 0,49 ^{ns} | 0,87 [*] | 87,13 [*] | 46,28 [*] |
| Resíduo (L) | 9 | 0,22 | 0,1 | 5,11 | 10,55 |
| Biofertilizante (B) | 3 | 0,02 ^{ns} | 0,09 ^{ns} | 15,83 [*] | 40,67 ^{ns} |
| L x B | 9 | 2,71 ^{**} | 1,76 ^{**} | 77,37 ^{**} | 67,77 [*] |
| Resíduo (B) | 36 | 0,36 | 0,16 | 5,16 | 23,09 |
| CV% (L) | - | 0,33 | 11,96 | 9,39 | 19,19 |
| CV% (B) | - | 11,8 | 14,09 | 9,44 | 28,4 |

F.V. - Fontes de Variação; C.V. - Coeficiente de Variação; G.L. - Graus de Liberdade; *Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo.

O maior valor obtido para a massa de vagem seca (Tabela 16) foi igual a 6,37 g com a lâmina de irrigação de 100% da ETc combinada com a dose de 60ml/planta de biofertilizante. Já a menor massa de vagem seca foi de 3,85 g para a lâmina de 75% da ETc sem uso de biofertilizante.

Tabela 16 - Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para a massa de vagem seca (g) de plantas de feijão-caupi. Umirim-CE, 2015.

| Lâmina de irrigação (%) | Dose de Biofertilizante (ml/planta) | | | | Média |
|-------------------------|-------------------------------------|----------|---------|----------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | |
| 75 | 3,85 bB | 4,47 bAB | 5,05 aA | 4,24 bAB | 4,40 a |
| 100 | 5,93 aA | 6,37 aA | 4,88 aB | 5,59 aA | 5,69 a |
| 125 | 5,18 aA | 4,69 bA | 4,62 aA | 5,04 abA | 4,88 a |
| 150 | 5,03 aAB | 4,45 bB | 5,67 aA | 5,42 aAB | 5,14 a |
| Média | 5,00 A | 4,99 A | 5,07 A | 5,05 A | 5,02 |

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

Observa-se que tanto a deficiência hídrica como o excesso de água causaram redução da massa média de vagens secas. Resultados estes, diferentes dos obtidos por Oliveira et al. (2011), que ao conduzir cultura do feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação, obteve um crescimento linear para esta variável com o aumento do volume de água aplicado.

Na Tabela 17 encontra-se o desdobramento para a massa de grãos secos por vagem sob influência da interação entre os fatores. Sob a lâmina de 100% da ETc, obteve-se a maior média na maioria das doses de biofertilizante, diferindo estatisticamente das demais.

Tabela 17 - Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para a massa de grãos secos (g) por vagem de plantas de feijão-caupi. Umirim-CE, 2015.

| Lâmina de irrigação (%) | Dose de Biofertilizante (ml/planta) | | | | Média |
|-------------------------|-------------------------------------|----------|-----------|-----------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | |
| 75 | 2,18 cA | 2,49 bA | 2,81 bA | 2,29 abA | 2,79 b |
| 100 | 4,05 aA | 3,9 aA | 2,93 aB | 3,38 abAB | 3,21 a |
| 125 | 3,21 bA | 2,51 bAB | 2,45 abAB | 2,78 bC | 2,73 b |
| 150 | 2,48 bcB | 2,33 bB | 3,23 abAB | 2,84 abA | 2,72 b |
| Média | 2,98 A | 2,81 A | 2,82 A | 2,85 A | 2,87 |

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

Para a massa de cem grãos secos (Tabela 18) observa-se comportamento semelhante aos das demais variáveis. Observa-se que houve aumento das médias obtidas dentro das doses de biofertilizante, com o aumento da lâmina de irrigação. Discordando dos

resultados obtidos Bezerra et al. (2003), Mendes et al. (2007) e Lima (2008) onde afirmam que esse componente de produção não é influenciado por estresse hídrico.

Segundo Ramos (2011), quando a massa de cem grãos reduzida indica que a produção foi limitada na fonte, fato este que pode ocorrer em virtude do grande número de vagens, ou pelo efeito do estresse hídrico sobre a fotossíntese ou translocação de fotoassimilados.

Tabela 18 - Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para a massa de cem grãos secos (g) de plantas de feijão-caupi. Umirim-CE, 2015.

| Lâmina de irrigação (%) | Dose de Biofertilizante (ml/planta) | | | | Média |
|-------------------------|-------------------------------------|----------|-----------|-----------|---------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | |
| 75 | 22,4 bB | 22,82 bA | 25,53 aA | 24,16 abA | 23,72 b |
| 100 | 29,44 aAB | 35,95 aA | 20,04 bB | 27,32 aB | 28,18 a |
| 125 | 24,98 bA | 21,23 bA | 21,47 abA | 20,77 bA | 22,11 b |
| 150 | 21,67 bA | 20,57 bA | 24,64 aA | 22,29 bA | 22,29 b |
| Média | 24,62 AB | 25,14 B | 23,63 AB | 22,92 B | 24,08 |

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

Observa-se na Tabela 19 a resposta da produção de grãos por planta em função dos fatores analisados. A produção média de grãos secos por planta foi de aproximadamente, 15,49 g, com valores variando de 13,11 a 17,01 g, para os níveis de irrigação de 75 e 100% da ETc, respectivamente.

Tabela 19 - Desdobramento da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante para produção de grãos secos (g) de feijão-caupi por planta. Umirim-CE, 2015.

| Lâmina de irrigação (%) | Dose de Biofertilizante (ml/planta) | | | | Média |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | |
| 75 | 11,13 bB | 14,97 aAB | 10,76 aB | 17,34 aA | 13,11 b |
| 100 | 23,76 aA | 23,07 aA | 16,73 aB | 21,7 aAB | 16,06 a |
| 125 | 17,78 abA | 15,32 aA | 13,21 aA | 16,93 aA | 15,81 ab |
| 150 | 13,67 bA | 19,04 aA | 18,51 aA | 16,82 aA | 17,01 ab |
| Média | 16,58 A | 18,1 A | 14,87 A | 18,04 A | 15,49 |

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

Entretanto observa-se que com o aumento da lâmina de irrigação acima do recomendado, ocorre um declínio da produtividade. Resultados estes que corroboram com os obtidos por Andrade Junior, Rodrigues e Frizzone (2002), em experimento com o feijão-caupi BR 14 Mulato, onde verificaram que nas menores e maiores lâminas houve uma queda na produtividade, apresentando um comportamento quadrático. Carvalho et al. (2000), constataram queda na produção de 32 a 100%, relativos aos níveis de 80 e 20% de água consumida, respectivamente, em relação a testemunha (reposição de 100% da água consumida).

Os menores valores de produtividade encontrados para as condições de déficit e saturação hídrica podem ser explicados pelo fato da deficiência hídrica provocar alterações no comportamento vegetal. De acordo com Taiz & Zeiger (2013), uma das explicações é que nesta condição, a planta sofre redução da condutância e da transpiração foliar e, como consequência, há um aumento da temperatura foliar e redução na produção de fotoassimilados, causando redução na produtividade de grãos. Ressalta-se ainda que a saturação hídrica do solo, aplicada às leguminosas, prejudica o desenvolvimento das raízes e da parte aérea e também a fixação de nitrogênio pelo sistema radicular, em virtude de reduzir o oxigênio para os nódulos, resultando numa consequente redução do número de nódulos por área radicular (DE WIT, 1978).

5. CONCLUSÕES

1. O aumento da lâmina de irrigação proporcionou incremento no índice de clorofila (A e B) e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi;
2. A aplicação do biofertilizante não minimizou o efeito da água salina ou do estresse hídrico, sendo verificado efeito tóxico ao usar as maiores doses, reduzindo os valores da maioria das variáveis analisadas;
3. A dose de 120 ml/planta de biofertilizante respondeu de forma positiva ao aumento da lâmina de irrigação sobre as trocas gasosas;
4. Para a produção a lâmina de 100% da ETc foi quem proporcionou maiores médias;

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G., et al. **Evapotranspiration del cultivo: guias para La determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).
- ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 228 p.
- ALMEIDA, W. S. de. et al. Identificação de genótipos de feijão-caupi tolerantes a salinidade avaliado por meio de método multivariado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.11, p.1884-1889, nov, 2011.
- ALVARES, C. A, et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.. 6, p.711–728. 2014.
- ALVES, G. S. et al. Fertilidade do solo cultivado com pimentão sob aplicação de diferentes tipos biofertilizantes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 4, n. 4, p. 33-41, 2009a.
- ALVES, S. V., et al. Produção de feijão caupi em função de diferentes Dosagens e concentração de biofertilizantes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.4, n.3, p. 45 - 49, 2009b.
- ANDRADE JUNIOR, A. S. de; RODRIGUES, B. H. N., FRIZZONE, J. A. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, 2002, p. 17-20.
- ASSIS JÚNIOR, J. O., et al. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.702-713, 2007.
- AYDIN, A.; KANT, C.; TURAN, M. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 7, p. 1073-1086, 2012.
- AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- AZEVEDO, B. M., et al. Efeitos de lâminas de irrigação na cultura do feijão vigna de cor preta. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 32, n. 1, p.152-159. 2011.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237p.

BASTOS, E. A. et al. Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**, v.1, n.1, p.31-37, 2012.

BASTOS, E. A., et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no Vale do Gurguéia, Piauí. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 182-190, 2008.

BASTOS, E. A. et al. Parâmetros de crescimento do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1,p.43-50, 2002.

BELTRÃO, J. A., et al. Rendimento do feijão-caupi adubado com diferentes doses de biofertilizante orgânico produzido através da biodegradação acelerada de resíduos do coqueiro no município de Trairí-CE. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 423 - 437, 2012.

BEZERRA, F. M. L., et al. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 1, p. 5 – 10. 2003.

BRITO, M. E. B., et al. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1244-1254, 2013.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Edições UESB. Vitória da Conquista, 2008. 72p.

CALVET, A. S. F., et al. Crescimento e acumulação de solutos em feijão-caupi Irrigado com águas de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento. **Irriga**, v. 18, n. 1, p. 148-159, 2013.

CAMPOS, V. B. et al. Crescimento inicial da mamoneira em resposta à salinidade e biofertilizante bovino. **Revista Magistra**, v. 21, n. 01, p. 41-47, 2009.

CAMPOS, V. B.; CAVALCANTE, L. F. Salinidade da água e biofertilizante bovino: efeito sobre a biometria do pimentão. **Holos**, n. 25, v. 2. 2009.

CARVALHO, J. F., et al. Produção e biometria do milho verde irrigado com água salina sob frações de lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.4, p.368–374, 2012.

CARVALHO, J.A., et al. Efeito do déficit hídrico sobre o rendimento do feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.3, p.710-717, 2000.

CAVALCANTE, L. F. Germination and initial growth of guava plants irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 515-519, 2005.

CAVALCANTE, L. F. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 01, p. 251-261, 2010.

CHAVES, M. M., FLEXAS, J., PINHEIRO, C., Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Ann. Bot.** v.103, p.551–560, 2009.

COSTA, R. A. **Cultura do quiabo submetida a lâminas de irrigação por gotejamento em função da evaporação em tanque classe A.** 2014. 54p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista (Julio de Mesquita, Botucatu-SP, 2014).

DAMATTA, F. M. Ecophysiology of tropical tree crops: an introduction. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 19, n. 4, p. 239-244, 2007.

DANTAS, J. P., et al. Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de caupi. **Agropecuária Técnica**, Areia, v.24, n.2, p.119-130, 2003.

DANTAS, J. P. et al. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.425-430, 2002.

DEVIDE, A. C. P., et al. **Determinação do efeito fitotóxico de um biofertilizante líquido utilizado em viveiros de café, por meio de bioensaios em casa-de-vegetação.** Embrapa-CNPAB, n. 42, 2000 (Comunicado Técnico).

DE WIT, M.C. Metabolic adaptation to anoxia. In: HOOK, D.D., CRAWFORD, E.M.M. Plant life in anaerobic environments. Michigan : **Ann Arbor Science**, 1978. p.333-350.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010.

EMBRAPA MEIO-NORTE. **Cultivo de feijão-caupi.** Teresina-PI, 2003. (Sistemas de Produção 2).

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas.** Londrina: Planta, 2006, 401p.

EVANS, J.R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell and Environment**, v.24, p.755-767, 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.**, vol.38, n.2 , pp. 109-112. 2014

FERREIRA NETO, M., et al. Qualidade do fruto verde de coqueiro em função da irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** vol.6 no.1 Campina Grande. 2002.

FIGUEIREDO, C. C., et al. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.30, n.1, p.175-179, 2012.

FREIRE FILHO, F. R. Genética do caupi. In: ARAÚJO, J.P.P.; WATT, E. E. (Org.) O caupi no Brasil. Brasília: IITA/EMBRAPA, 1988. p. 159 - 229.

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

FREIRE FILHO, F. R., et al. **Feijão-caupi no Brasil : produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina, Piauí, Brasil, 2011. 84p.

FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. (ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, 2007. cap.16, p.929-954.

FUNCEME. Calendário das chuvas no Estado do Ceará. 2015. Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/406-chuvas-di%C3%A1rias>. Último acesso: 13/08/2015.

GHEYI, H. R., DIAS N. S., LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTsal, 2010. 472 p.

GONÇALVES, E. R., et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.378-386, 2010.

GURGEL, M. T., et al. Evolução da salinidade no solo sob cultivo de melão irrigado com águas de diferentes salinidades. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.. 3, n. 2, 2003.

HOLANDA, A. C. et al. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por sais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, n.1, p.39-50. 2007.

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

HU, L.; WANG, Z.; HUANG, B. Diffusion limitation and metabolic factors associated with inhibition and recovery of photosynthesis from drought stress in a C3 perennial grass species. **Physiologia Plantarum**, v. 139, p. 93–106, 2010.

INOUE, M. T.; MARTINS, E. G. Variação sazonal da fotossíntese e clorofila em progênies de *Grevillea robusta* Cunn. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.8, p.113-124, 2006.

JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, v. 1, n. 1, p.11-19, 2005.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. 452 p.

LACERDA, C. F. et al. T. Solute accumulation and distribution shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.49, p.107-120, 2003.

LACERDA, C. F. et al. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 02, p. 221-230, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos: Ed. Rima, 2006.531p

LEÃO, D. A. S. **Estresse hídrico e adubação fosfatada no desenvolvimento inicial e na qualidade da forragem da gliricídia (*Gliricídia sepium* (Jacq.) Steud. e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.)**. 2006. 56 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2006.

LIMA, A. A. F. **Respostas fisiológicas de cultivares de feijão [*Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) walp] submetidas à deficiência hídrica: uma alternativa para a agricultura familiar do semi-árido sergipano**. 2008, 112f. Dissertação (Mestrado em meio ambiente), Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão.

LIMA, C. J. G. S., et al. Resposta do feijão-caupi a salinidade da água de Irrigação. **Revista Verde**. Mossoró – RN. v.2, n.2, p. 79–86, 2007.

LIMA, C. J. G. S. et al. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupi. **Revista Caatinga**, v. 21, p. 120-127, 2008.

LIMA, J. G. A. et al. Crescimento inicial do milho fertirrigado com biofertilizante. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, n.1, p.39- 44, 2012.

LIMA, P. A. et al. Efeito do manejo da irrigação com água moderadamente salina na produção de pimentão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.1, n. único, p.73-80, out.-dez., 2006.

LOCATELLI, V. E. R., et al. Características fisiológicas do feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação no cerrado de Roraima. In: Congresso Nacional de Feijão-caupi, 2013, Recife. Anais... Recife, 2013.

MACHADO, E. C., et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, V. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.

MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B.; GHEYI, H. R. **Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais**. p. 279 - 302, 2010. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C.F. (editores). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal. cap. 16, p.279-302. 2010.

MEDEIROS, M.B., et al. **Uso de biofertilizantes líquidos no manejo ecológico de pragas agrícolas.** In: ENCONTRO TEMÁTICO MEIO AMBIENTE E EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA UFPB, 2., 2003, João Pessoa. Anais... João Pessoa, 2003. p.19-23.

MEDEIROS, R. et al. Estresse salino sobre a nodulação em feijão-caupi. **Caatinga**. Mossoró, RN. v.21 n.5, p.202-206, 2008.

MENDES, R. M. de S., et al. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 1, p. 95-103, 2007.

MESQUITA, F. O. et al. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em substrato com biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 02, p. 134-142, 2010.

MESQUITA, J. B. R., et al. Crescimento e produtividade da cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob diferentes níveis de irrigação, **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 364-375, 2013.

MOUSINHO, F. E. P. **Viabilidade econômica do feijão caupi no estado do Piauí.** 2005. 103 f. Tese. Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

NASCIMENTO, J. L. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Attalea funifera* Mart. submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico.** Ilhéus: UESC, 110p. 2004. Dissertação Mestrado

NASCIMENTO, S. P do. **Efeito do déficit hídrico em feijão caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca.** Teresina: UFPI, 2009. 109p. (Dissertação Mestrado).

NELSON, C. J., MOSER, L. E. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY JR., G.R. (Ed.) Forage quality, evaluation, and utilization. Madison, Wisconsin, USA: ASA/CSSA/SSSA. p.115-154, 1994.

NEVES, A. L. R., et al. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Ciência Rural**, v.39, p.758-765, 2009.

OLIVEIRA, A. E. S. **Efeito do déficit hídrico sobre o desenvolvimento do feijão-fava em ambiente protegido.** 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.

OLIVEIRA, A. P. et al. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 81-84, 2001.

ONOFRE, A. V. C. **Diversidade genética e avaliação de genótipos de feijão-caupi contrastantes para resistência aos estresses bióticos e abióticos com marcadores SSR, DAF e ISSR.** Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife, 2008.

ORCUTT, D.M.; NILSEN, E.T. **Physiology of Plants Under Stress**. New York, John Willey & Sons, 2000.

PENTEADO, S. R. **Adubação Orgânica: Compostos orgânicos e biofertilizantes**. 2. ed. Campinas: Edição do autor, 2007.162 p.

PRATES H. S.; MEDEIROS M. B. 2001. Entomopatógenos e biofertilizantes na citricultura orgânica. Campinas: SAA/ Coordenadoria de defesa Agropecuária. Folder.

RAMOS, H. M. M. **Características produtivas, fisiológicas e econômicas do feijão-caupi para grãos verdes sob diferentes regimes hídricos**. UFPI, Teresina – PI, 2011. (Dissertação de mestrado).

RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas na produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p.

RIBEIRO, M.R.; FREIRE, F.J.; MONTENEGRO, A.A.A. **Solos halomórficos no Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável**. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S; ALVAREZ, V.H. (eds) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, 2003. p.165-208.

RICHARDS, L. A. **Diagnóstico y recuperación de suelos salinos y sódicos. Personal de Laboratorio de Salinidad de EE.UU**. 6. Ed. México: Editorail LIMUSA, 1993. 176p.

SAMPAIO, L. S.; BRASIL, E. C. **Exigência nutricional do feijão-caupi**. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2. 2009, Belém, PA. Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. P. 56-72.

SANTANA, C. T. C., et al. Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.1, p.22-29, 2012.

SANTOS, C.A . F., et al. **Feijão-caupi BRS Pujante -Cultivar para áreas irrigada e de sequeiro do Vale do São Francisco**. Petrolina-PE, 2007.

SILVA, A. R. F. da. **Componentes de produção e fisiológicos em ecótipos de Vigna sob reposição hídrica**. 2014. Dissertação (mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, 2014. 86 p.

SILVA, F. L. B. **Respostas de plantas de feijão-de-corda à aplicação foliar de biofertilizante, sob condições de salinidade**. UFC, Fortaleza-CE, 2011a. p.64 (Dissertação de mestrado).

SILVA, F. L. B. et al. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p.383-389, 2011b.

SILVA, F. L. B., et al. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-caupi. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 304-317, 2013b.

SILVA, M. L. N. et al. Efeito de biofertilizante bovino aeróbico na cultura do feijão caupi. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.9, n.1, p 110-116, 2013.

SILVA SÁ, F. V. et al. Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 544-556, 2015.

SOUSA, G. G. de. et al. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 8, n. 3, p. 359-367,2014.

SOUSA, G. G. de. et al. Fertirrigação com biofertilizante bovino: Efeitos no crescimento, trocas gasosas e na produtividade do pinhão manso. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.3, p.503-509, 2013a.

SOUSA, J. R. M. de, et al. Crescimento vegetativo do feijão-caupi sob doses de nitrogênio irrigado com águas salinas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Pombal, v. 9, n. 3, p. 94 - 98, 2013b.

SOUSA, M. A., et al. Estresse hídrico e profundidade de incorporação do adubo Afetando os componentes de rendimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 175-182. 2009.

SOUSA, P. S. et al. Efeito de lâminas de irrigação sobre o crescimento do Algodoeiro herbáceo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.3, n.3, p 06 -11, 2008.

SOUSA, R. A., et al. Crescimento e nutrição mineral do feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.2.,75-82, 2007.

SOUTO, A. G. de L. et al. Comportamento do noni à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 442-453, 2013.

SOUZA, G. B. et al. Salinidade do substrato contendo biofertilizante para a formação de mudas de maracujazeiro irrigado com água salina. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p. 172-180, 2008.

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

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 36, n.3, 2001, p. 473-481.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954p

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, London, v.91, n.3, p. 503-527, 2003.

THOMPSON, A. J., et al. Over production of abscisic acid in tomato increases transpiration efficiency and root hydraulic conductivity and influences leaf expansion, **Plant Physiology**., v.143, p. 1905-1917, 2007.

TORRES, J. L. R., et al. Produtividade de feijão sobre lâminas de irrigação e coberturas de solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p.833-841. 2013.

VIANA, S. B. A; FERNANDES, P. D; GHEYI, H. R. Germinação e formação de mudas de alface em diferentes níveis de salinidade de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.2, p.259-264, 2001.

WILSON, C. et al. Growth response of major USA cowpea cultivars. I. Biomass accumulation and salt tolerance, **Hort Science**, v.41 p.225–230, 2006.