



LEONARDO JOSÉ TEIXEIRA DA SILVA

**DESEMPENHO MORFOFISIOLÓGICO DE CULTIVARES DE
FEIJÃO-CAUPI SOB DIFERENTES DÉFICITS HÍDRICOS E
FONTES DE NITROGÊNIO**

TERESINA – PI

2018

LEONARDO JOSÉ TEIXEIRA DA SILVA

**DESEMPENHO MORFOFISIOLÓGICO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI SOB
DIFERENTES DÉFICITS HÍDRICOS E FONTES DE NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Piauí, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Agronomia-
Agricultura Tropical, para a obtenção
do título de Mestre em ciências.

Orientador

Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra

Coorientador

Prof. Dr. Francisco de Alcântara Neto

TERESINA - PIAUÍ

2018

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

S586d Silva, Leonardo José Teixeira da

Desempenho morfofisiológico de cultivares de feijão - caupi sob diferentes déficits hídricos e fontes de nitrogênio. / Leonardo José Teixeira da Silva - 2018.

86 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrônômica, Teresina, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra

1. *Vigna unguiculata* 2. Estresse hídrico 3. Fertilização 4. FBN
I. Título

CDD 635.6592

Leonardo José Teixeira da Silva

**DESEMPENHO MORFOFISIOLÓGICO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI
SUBMETIDAS A DIFERENTES DÉFICIT HÍDRICOS E FONTES DE NITROGÊNIO**

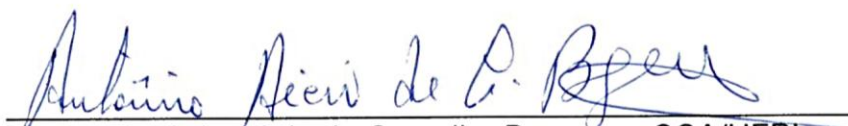
Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

APROVADA em 31 de julho de 2018.

Comissão Julgadora:


Dr. Maurisrael de Moura Rocha – Embrapa Meio-Norte


Dr. Francisco Reinaldo Rodrigues Leal – UESPI/PICOS


Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra – CCA/UFPI
(Orientador)

TERESINA-PI

2018

Ao glorioso senhor DEUS, à
Santa Cruz dos Milagres e N. Sra. Aparecida;
À meu amor Milenna Soares;
Aos meus pais, Lauro e Fátima;
Aos meus irmãos, Laureanny e Lauro Wesley;
E em especial ao meu avô José Lopes (In Memoriam).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ter me dado o dom do saber, a saúde e por manter minha fé diária para concretizar mais essa etapa na minha vida profissional;

À Universidade Federal do Piauí (UFPI) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical, pela admissão e concessão do Título de Mestre;

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

Ao professor Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra, pela orientação e desprendimento de seus conhecimentos, além do apoio, dedicação, caráter e autenticidade, sempre amparando e dando oportunidade. Um grande homem, um grande cientista.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação, pelo desprendimento em dividir seus conhecimentos ao longo do curso.

Ao Professor Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho pelos auxílios e sugestões;

Ao Professor Dr. Francisco de Alcântara Neto pela coorientação, e ao programa de melhoramento de cana-de-açúcar por ceder ferramentas e espaço na casa de vegetação para desenvolvimento da pesquisa;

À Embrapa Meio-Norte, ao Programa de Melhoramento Genético de Feijão-caupi, aos pesquisadores, Dr. Lúcio Flavo Lopes Vasconcelos e Dra. Rosa Maria Cardoso Mota de Alcântara, e ao Técnico de laboratório Diego Sávio Vasconcelos de Oliveira, pela colaboração na realização deste trabalho;

Ao Carlos Diego, Ednardo Santos, João Pedro, João Tarcísio, Pedro Henrique, Raylson Sousa, Theuldes Oldenrique e os demais amigos que auxiliaram e contribuíram na execução do experimento;

À meus pais, Lauro Teixeira e Maria de Fátima, pelo amor incondicional, educação, além do apoio constante;

À meu amor, Milenna, pela cumplicidade, carinho e por estar sempre ao meu lado, apoiando e compartilhando as metas e conquistas alcançadas;

Aos meus irmãos Lauro Wesley, Laureanny e Gláucia pelos incentivos e conselhos durante a execução deste mestrado;

Aos meus amigos e colegas da pós-graduação, interagindo e somando conhecimentos.

RESUMO

No Nordeste brasileiro as principais limitações para o cultivo do feijão-caupi são as irregularidades pluviométricas e os altos custos com fertilizantes. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do déficit hídrico e de diferentes fontes de nitrogênio sobre características morfofisiológica na fase vegetativa de duas cultivares de feijão-caupi. O experimento foi realizado em casa de vegetação da Universidade Federal do Piauí (UFPI) no período de julho a agosto de 2017, em Teresina, Piauí. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x5x3, com 6 repetições, sendo duas cultivares de feijão-caupi (BRS Tumucumaque e BRS Imponente), cinco níveis de déficit hídricos, equivalentes a 100, 85, 70, 55 e 40% de reposição de evapotranspiração da cultura (ETc) e três fontes de nitrogênio (inoculação com estirpe SEMIA 6462, 20 kg ha⁻¹ de N-mineral na forma de sulfato de amônio e solo de mata com 1,3% de matéria orgânica). A lâmina de irrigação para cada vaso foi calculada diariamente com base na evapotranspiração da cultura pelo método de pesagem, sendo fornecida em função do nível de déficit hídrico de cada tratamento. Foram avaliados, aos 24 e 34 dias após a semeadura (DAS), os parâmetros: diâmetro do caule (DC), altura da planta (ALT), número de nós no ramo principal (NNRP), número de folhas por planta (NFP) e índice relativo de clorofila (IRC). Aos 25 e 35 DAS, foram avaliados a matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca total (MST), área foliar (AF) e relação da parte aérea e raiz (RPAR). Observou-se que a medida que decresce 15% da reposição de 100% da ETc, todas as variáveis são influenciadas negativamente, sendo que no nível de reposição de 40% a redução dos caracteres é mais severa. A adubação nitrogenada promoveu aumentos de 8,65% e 4,32% para MST aos 35 DAS e, 2,46% e 1,70% para o IRC aos 24 DAS, em relação ao solo de mata e inoculante, respectivamente. O inoculante proporcionou as maiores ALT aos 24 e 34 DAS. A BRS Imponente foi significativamente superior a BRS Tumucumaque em DC, NFP, IRC, MSPA, MSR e MST. Os diferentes déficits hídricos promoveram mudanças significativas na morfofisiologia das cultivares, sendo mais acentuada aos 34 e 35 DAS.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, estresse hídrico, fertilização, FBN.

ABSTRACT

In the Northeast of Brazil, the main limitations for the cultivation of cowpea beans are rainfall irregularities and high fertilizer costs. This paper aimed to evaluate the effects of water deficit and different nitrogen sources on morphophysiological characteristics in the vegetative phase of two cultivars of cowpea beans. The experiment was carried out in a greenhouse at the Federal University of Piauí (UFPI) from July to August of 2017, in Teresina, Piauí. A completely randomized design was used, in a 2x5x3 factorial arrangement, with 6 replicates, being two cultivars of cowpea (BRS Tumucumaque and BRS Imponente), five water deficit levels, equivalent to 100, 85, 70, 55 and 40% of crop evapotranspiration replacement (cER), and three nitrogen sources (inoculation with SEMIA 6462 strain, 20 kg ha⁻¹ of N-mineral in the form of ammonium sulphate and forest soil with 1.3% of organic matter). The irrigation sheet for each vase was calculated daily based on the evapotranspiration of the culture by the weighing method, being provided as a function of the level of water deficit of each treatment. They were evaluated at 24 and 34 days after sowing (DAS), the parameters: stem diameter (SD), plant height (PH), number of nodes in the main branch (NNMB), number of leaves per plant (NLP) and relative index of chlorophyll (RIC). At 25 and 35 DAS, were evaluated dry matter of aerial part (DMAP), root dry matter (RDM), total dry matter (TDM), leaf area (LA) and ratio of aerial part and root (RAPR). It was observed that as 15% of the 100% cER level decreases, all variables of the cultivars are negatively influenced, and at the replacement level of 40% the reduction of the characters is more severe. Nitrogen fertilization promoted increases of 8.65% and 4.32% for TDM at 35 DAS, and 2.46% and 1.70% for RIC at 24 DAS, in relation to the forest and inoculant soil, respectively. The inoculant provided the highest PH at 24 and 34 DAS. The BRS Imponente was superior to BRS Tumucumaque in SD, NLP, RIC, DMAP, RDM and TDM. The different levels of water deficit promoted significant changes in the morphophysiology of the cultivars, being more accentuated at 34 and 35 DAS.

Keywords: *Vigna unguiculata*, water stress, fertilization, FBN.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da casa de vegetação do programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar no município de Teresina-PI. Fonte: Google Earth (2018)	31
Figura 2. Valores diários observados de temperatura máxima, mínima e média, em °C, no período experimental, Teresina, PI, 2018.....	39
Figura 3. Valores médios diários observados de umidade relativa do ar, em %, no período experimental, Teresina, PI, 2018	39
Figura 4. Diâmetro médio do caule (DC, em mm), aos 24 e 34 DAS, das cultivares de feijão-caupi em função dos cinco níveis de reposição da ETc. Teresina, PI, 2018...	43
Figura 5. Altura da planta (ALT, em cm), aos 24 DAS, das cultivares de feijão-caupi em função dos cinco níveis de reposição da ETc. Teresina, PI, 2018	46
Figura 6. Altura da planta (ALT, em cm), aos 34 DAS, da cultivar BRS Tumucumaque em função dos cinco níveis de reposição da ETc. Teresina, PI, 2018	47
Figura 7. Número de nós no ramo principal (NNRP), aos 24 DAS, das cultivares de feijão-caupi em função dos cinco níveis de reposição da ETc. Teresina, PI, 2018...	50
Figura 8. Número de nós no ramo principal (NNRP) aos 34 DAS da BRS Tumucumaque e BRS Imponente em função dos cinco níveis de reposição da ETc. Teresina, PI, 2018	51
Figura 9. Número de nós no ramo principal (NNRP) das cultivares de feijão-caupi, aos 34 DAS em função das fontes de nitrogênio (S – solo da mata com 1,3% de M.O; N – adubação com 20 kg de N ha ⁻¹ ; I – Inoculação com estirpe de rizóbio SEMIA 6462) e dos cinco níveis de reposição de ETc. Teresina, PI, 2018	52
Figura 10. Número de folhas por planta (NFP) das cultivares BRS Tumucumaque e BRS Imponente em função dos cinco níveis de reposição de ETc, aos 24 (A) e 34 (B) DAS. Teresina, PI, 2018.....	54
Figura 11. Índice relativo de clorofila (IRC, em %), das cultivares BRS Tumucumaque e BRS Imponente aos 24 DAS (A) e fator cultivar aos 34 DAS (B) em função dos cinco níveis de reposição de ETc. Teresina, PI, 2018	57
Figura 12. Matéria seca da parte aérea (MSPA, em g planta ⁻¹), aos 25 e 35 DAS, das cultivares de feijão-caupi em função dos cinco níveis de reposição da ETc. Teresina, PI, 2018.....	59

Figura 13. Matéria seca da raiz (MSR, em g) da cultivar BRS Imponente em função dos cinco níveis de reposição de ET _c , aos 25 DAS. Teresina, PI, 2018.....	62
Figura 14. Matéria seca da raiz das cultivares em função dos cinco níveis de reposição de ET _c , aos 35 DAS. Teresina, PI, 2018.....	63
Figura 15. Matéria seca total (MST, em g planta ⁻¹) da cultivar BRS Tumucumaque e BRS Imponente em função dos cinco níveis de reposição de ET _c , aos 25 DAS. Teresina, PI, 2018.....	66
Figura 16. Matéria seca total (MST, g planta ⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi em função dos cinco níveis de reposição de ET _c , aos 35 DAS. Teresina, PI, 2018.....	66
Figura 17. Área foliar (AF, em cm ²), das cultivares em função dos cinco níveis de reposição de ET _c , aos 25 e 35 DAS. Teresina, PI, 2018.....	68
Figura 18. Relação da parte aérea e raiz (RPAR, em g g ⁻¹) das cultivares de feijão-caupi em função dos cinco níveis de reposição de ET _c , aos 25 DAS. Teresina, PI, 2018.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais características agronômica das cultivares de feijão-caupi. Teresina, PI, 2018.....	32
Tabela 2. Densidade, características granulométricas e químicas do solo utilizado como substrato nos vasos. Teresina, PI, 2018.....	32
Tabela 3. Resumo da análise de variância para o diâmetro do caule (DC, em mm) aos 24 e 34 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis déficit hídrico e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018.....	41
Tabela 4. Médias ¹ do diâmetro do caule (DC, em mm) de duas cultivares de feijão-caupi aos 24 e 34 DAS. Teresina, PI, 2018.....	41
Tabela 5. Médias ¹ do diâmetro do caule (DC, em mm) de duas cultivares de feijão-caupi em função das fontes de nitrogênio (FN) aos 34 DAS. Teresina, PI, 2018.....	42
Tabela 6. Resumo da análise de variância para altura de planta (ALT, em cm) aos 24 e 34 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018.....	44
Tabela 7. Médias ¹ da altura da planta (ALT, em cm) de duas cultivares de feijão-caupi aos 24 e 34 DAS. Teresina, PI, 2018.....	44
Tabela 8. Médias ¹ da altura da planta (ALT, em cm), de duas cultivares de feijão-caupi em função das fontes de nitrogênio aos 24 DAS. Teresina, PI, 2018.....	45
Tabela 9. Médias ¹ da altura da planta (ALT, em cm) para a interação tripla das cultivares de feijão-caupi, níveis de reposição da ETc e fontes de nitrogênio (C x RE x FN) aos 34 DAS. Teresina, PI, 2018.....	45
Tabela 10. Resumo da análise de variância para o número de nó no ramo principal (NNRP) aos 24 e 34 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018.....	48
Tabela 11. Médias ¹ do número de nós no ramo principal (NNRP) de duas cultivares de feijão-caupi em função das fontes de nitrogênio (FN) aos 24 DAS. Teresina, PI, 2018.....	49
Tabela 12. Resumo da análise de variância para o número de folhas por planta (NFP) aos 24 e 34 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018.....	53

Tabela 13. Resumo da análise de variância para o índice relativo de clorofila (IRC, em %) aos 24 e 34 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018	55
Tabela 14. Médias ¹ do índice relativo de clorofila total (IRC, em %), das cultivares de feijão-caupi em função das fontes de nitrogênio aos 24 DAS. Teresina, PI, 2018	56
Tabela 15. Médias ¹ do índice relativo de clorofila total (IRC, em %), de duas cultivares de feijão-caupi aos 34 DAS. Teresina, PI, 2018.....	56
Tabela 16. Resumo da análise de variância para matéria seca da parte aérea (MSPA, em g planta ⁻¹) aos 25 e 35 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018.....	58
Tabela 17. Médias ¹ da matéria seca da parte aérea (MSPA, em g planta ⁻¹), de duas cultivares de feijão-caupi aos 25 DAS. Teresina, PI, 2018.....	58
Tabela 18. Resumo da análise de variância para matéria seca da raiz (MSR, em g planta ⁻¹) aos 25 e 35 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018	60
Tabela 19. Médias ¹ da matéria seca da raiz (MSR, em g planta ⁻¹), de duas cultivares de feijão-caupi aos 35 DAS. Teresina, PI, 2018.....	61
Tabela 20. Resumo da análise de variância para matéria seca total (MST, em g planta ⁻¹) aos 25 e 35 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018	63
Tabela 21. Médias ¹ da matéria seca total da planta (MST, em g planta ⁻¹), de duas cultivares de feijão-caupi aos 35 DAS. Teresina, PI, 2018.....	64
Tabela 22. Médias ¹ da matéria seca total (MST, em g planta ⁻¹), das cultivares de feijão-caupi em função das fontes de nitrogênio aos 35 DAS. Teresina, PI, 2018.....	64
Tabela 23. Resumo da análise de variância para área foliar (AF, em cm ² planta ⁻¹) aos 25 e 35 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018	67
Tabela 24. Médias ¹ da área foliar (AF, em cm ² planta ⁻¹), de duas cultivares de feijão-caupi aos 35 DAS. Teresina, PI, 2018	67
Tabela 25. Resumo da análise de variância para relação entre parte aérea e raiz (RPAR, em g g ⁻¹) aos 25 e 35 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018	69

Tabela 26. Médias ¹ da relação da parte aérea e raiz (RPAR, em g g ⁻¹), de duas cultivares de feijão-caupi aos 25 DAS. Teresina, PI, 2018.....	70
--	----

LEGENDA

- AD** – Água disponível
- AF** – Área foliar
- ALT** – Altura da planta
- CRA** – Capacidade de retenção de água
- CV** – Coeficiente de variação
- DAS** – Dias após semeadura
- DIC** – Delineamento inteiramente casualizado
- DC** – Diâmetro do caule
- DMS** – Diferença mínima significativa
- FN** – Fontes de nitrogênio
- FV** – Fonte de variação
- I** – Inoculante com estirpe de rizóbio
- IRC** – Índice relativo de clorofila
- MSPA** – Matéria seca da parte aérea
- MSR** – Matéria seca da raiz
- MST** – Matéria seca total
- N** – adubação com 20 kg de N ha⁻¹
- NFP** – Número de folhas por planta
- NNRP** – Número de nós no ramo principal
- RE** – Reposição de ETc
- RPAR** – Relação parte aérea e raiz
- S** – Solo da mata com 1,3% de matéria orgânica

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
LEGENDA.....	xiii
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Origem, distribuição, nomes populares, classificação botânica e características do feijão-caupi.....	18
2.2 Importância socioeconômica do feijão-caupi.....	19
2.3 Feijão-caupi BRS Tumucumaque e BRS Imponente.....	22
2.4 Necessidade hídrica do feijão-caupi	24
2.5 Efeitos do déficit hídrico nas características morfofisiológica do feijão-caupi.....	26
2.6 Influência das fontes de nitrogênio sobre o feijão-caupi	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 Localização e condições climática da região	31
3.2 Caracterização das cultivares, vasos e solo	32
3.3 Preenchimento e arranjo espacial dos vasos.....	33
3.4 Adubação de Semeadura	33
3.5 Delineamento experimental e tratamentos	34
3.6 Plantio	34
3.7 Capacidade de vaso, evapotranspiração e manejo da reposição de água	35
3.8 Características avaliadas (amostras não destrutivas).....	36
3.9 Características avaliadas (amostra destrutivas).....	37
3.10 Análise estatística.....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Elementos meteorológico	39
4.2 Diâmetro do Caule (DC).....	41
4.3 Altura da Planta (ALT)	44

4.4 Número de Nós no Ramo Principal (NNRP).....	48
4.5 Número de folhas por planta (NFP).....	52
4.6 Índice relativo de clorofila (IRC)	55
4.7 Matéria seca da parte aérea (MSPA).....	58
4.8 Matéria Seca da Raiz (MSR)	60
4.9 Matéria Seca Total da Planta (MST).....	63
4.10 Área Foliar (AF)	67
4.11 Relações entre a Parte Aérea e Raiz (RPAR).....	69
5. CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é uma Fabaceae de relevância socioeconômica e altos teores de proteínas e minerais, sendo uma das bases na dieta humana nas regiões Norte e Nordeste do Brasil notadamente das populações mais carentes. É considerada uma cultura versátil e bem adaptada a diferentes condições de clima e solo dessas regiões e, por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, tem habilidade para fixar nitrogênio (N) do ar (GUIMARÃES et al., 2012; ROCHA et al., 2017).

No Brasil, o cultivo do feijão-caupi concentra-se predominantemente no Semiárido nordestino, sendo tradicionalmente cultivado por pequenos e médios produtores em regime de sequeiro, estando assim, sujeito a ocorrência de déficit hídrico devido à escassez e irregularidades das chuvas (BASTOS et al., 2011).

Embora o feijão-caupi possua tolerância ao déficit hídrico, suas respostas a este fenômeno variam dentro da espécie, cultivar, estádios fenológicos e fatores edáficos, dentre outros (BEZERRA et al., 2003; SILVA, C. et al., 2010; NASCIMENTO et al., 2011). A ocorrência de déficit hídrico durante as diferentes fases do feijão-caupi influencia em todo o desenvolvimento da planta, afetando negativamente as características morfofisiológicas e produtivas (SILVA et al. 2013; ANDRADE JUNIOR et al. 2014), contribuindo para os baixos rendimentos e oscilações na produção anual da cultura (MOUSINHO et al., 2008).

O déficit hídrico influencia no sistema fisiológico da planta e na dinâmica da água no solo, agindo na redução do potencial hídrico e comprometendo o processo de absorção de nutrientes (NASCIMENTO, et al., 2011; TAIZ e ZAIGER, 2017) como por exemplo o nitrogênio, elemento importantíssimo na fotossíntese. Além disso, o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) é influenciado, pois a restrição hídrica causa mortalidade dos microrganismo comprometendo o processo de simbiose, na qual muitas vezes não tendo tempo hábil para estabelecimento de novos nódulos com plena capacidade de fixação, comprometendo assim, o suprimento de nitrogênio à planta (KASCHUK et al., 2010; CHAVARRIA et al., 2015).

A utilização de inoculante com rizobios reduz o uso de fertilizantes nitrogenado, proporciona aumento da biomassa da planta e, podem estimular o desenvolvimento de mecanismos que auxiliem as plantas a tolerar períodos prolongados de seca. Segundo Silva et al. (2012), a capacidade de tolerância da FBN ao déficit hídrico é

dependente do genótipo da planta hospedeira. Assim, o sinergismo entre genótipos de feijão-caupi e estirpe eficiente, tornam-se estratégias importante na tentativa de otimizar o uso da água no solo e obter rendimentos agrícolas favoráveis na região semiárida.

A disponibilidade de água e fornecimento de N são fatores que interferem diretamente no crescimento e desenvolvimento das culturas. Assim, diversas pesquisas têm sido realizadas buscando a identificação de genótipos com tolerância ao déficit hídrico (BASTOS et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2011; SILVA et al., 2016), bem como, que apresentem respostas satisfatória à inoculação (XAVIER et al., 2008; BRITO et al., 2011; SANTOS et al., 2014). Entretanto, o estudo da interação entre cultivares, estresse hídrico e fontes disponíveis de N são poucos expressivos e o conhecimento conjunto desses efeitos poderá contribuir de forma relevante para o entendimento das respostas morfofisiológicas e produtivas de genótipos de feijão-caupi, notadamente os mais modernos, com impacto positivo no rendimento de grãos e na viabilidade econômica dos sistemas de produção.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do déficit hídrico e de diferentes fontes de nitrogênio sobre características morfofisiológica na fase vegetativa de duas cultivares de feijão-caupi, em Teresina-PI.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem, distribuição, nomes populares, classificação botânica e características do feijão-caupi

Steele e Mehra (1980) e Ng e Maréchal (1985), citam o Oeste da África como o centro de origem e diversidade do feijão-caupi [*Vigna Unguiculata* (L.) Walp] mais precisamente a Nigéria. Segundo Padulosi e Ng (1997), o local mais provável da especiação do feijão-caupi é a região Transvaal, situada no Nordeste da África do Sul.

Entretanto, Kaga et al. (1996) e Simon et al. (2007), citam que o feijão-caupi é oriundo da região do Sudoeste da Ásia, local reconhecido como o nicho das subtribos Phaseolinae, Galegae, Loteae, Trifoleae e Vicieae. Porém, estudos de análises do gênero *Vigna* quanto a morfologia, citogenética e molecular, apontam o feijão-caupi como umas das espécies mais primitivas ocorrentes na África, com isso, indagam que sua evolução e dispersão ocorreu no continente africano (GHAFFOR et al., 2001).

O feijão-caupi é amplamente difundido no mundo e no Brasil, porém, só no século XVI que foi introduzido na América Latina, primeiramente nas colônias espanholas e no Brasil pela Bahia, ambas pelos colonizadores portugueses (FREIRE FILHO, 1988). A partir da sua implantação e adaptação, o feijão-caupi foi disseminado pelos colonizadores para outras regiões do País. No Piauí, há relatos que seu cultivo ocorreu em meados de 1697 (DIAS, 2008). A sua predominância nas regiões áridas e semiáridas, está ligada às condições climáticas, às quais apresenta adaptação (SMARTT, 1990), favorecendo assim, a uma intensa disseminação da cultura, principalmente na região Nordeste e desta para todo o País.

A espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp possui vários nomes vulgares no Brasil, de acordo com a região de cultivo, tais como: feijão-de-praia, na região Norte; feijão-miúdo, na região Sul e na região Nordeste, onde é mais conhecido, recebe denominações como feijão-de-corda ou feijão-macassar (FREIRE FILHO et al., 2005).

O feijão-caupi é classificado como Dicotyledonea, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Vigna*, secção *Catyang*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *unguiculata*, subdividida em quatro cultigrupos: *Unguiculata*, *Sesquipedalis*, *Biflora* e

Textilis. No Brasil são cultivados apenas o *Unguiculata* e *Sesquipedalis* (feijão-de-metro), destinados para a produção de grãos secos e verdes e, para a produção de vagens, respectivamente (VERDECOURT, 1970; MARECHAL et al., 1978; PADULOSI e NG, 1997, apud FREIRE FILHO et al., 2011).

O feijão-caupi é uma planta anual com flor completa, raiz pivotante, germinação epígea, propagada exclusivamente por sementes, com variação de porte do ereto ao prostrado e hábito de crescimento determinado ou indeterminado (FREIRE FILHO, et al. 1999; TEÓFILO et al., 2001).

Dentre as espécies cultivadas do gênero *Vigna*, o feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] destaca-se pela sua tolerância e capacidade de adaptação a condições adversas, onde obtém bons desenvolvimentos na faixa de 20° a 30°C e mediante a temperaturas elevadas ocorre influência sobre a abscisão de flores e de vagens, além de comprometer o enchimento de grãos e conseqüentemente diminuição significativa no número de sementes por vagem e na massa final de sementes (PORTES, 1996; GONÇALVES et al., 1997; DIDONET et al., 2002; ANDRADE JÚNIOR et al., 2002). Desenvolvem-se bem em solos pobres e sem necessidade de suplementação de nitrogênio (SANTALLA et al. 1998; FERY, 2002), incluindo as regiões que se dispõem de um menor aporte de investimentos em melhoramento e biotecnologia.

2.2 Importância socioeconômica do feijão-caupi

O feijão-caupi, uma das principais culturas anuais dos trópicos (LANGYINTUO et al., 2003), é considerado um dos grãos mais ricos em nutrientes, em especial o teor de proteína, que de acordo com Andrade Junior et al. (2002) varia em média de 23% à 25%, conforme o genótipo, condições climáticas e entre outras variáveis. Entretanto, pesquisas apontam uma maior faixa de variação quanto ao teor de proteína no grão (MENDEZ, DERIVI e RODRIGUES, 1995; ONWULIRI e OBU, 2002).

Salgado et al. (2005) observaram em suas amostras de grãos seco do feijão-caupi um teor médio de proteínas de 22%, além de constatar um teor de 1,87% de lipídios e 61% de carboidratos com todos os aminoácidos essenciais, demonstrando que é uma alimento altamente energético. De acordo com Frota et al. (2008) ele

possui diversos atributos nutricionais desejáveis, e um deles são os minerais encontrados como: ferro, zinco, potássio, fósforo e magnésio. Além disso, possui teores de ácidos graxos insaturados, superiores aos saturados, considerando assim benéfico a saúde.

O feijão-caupi está distribuído em várias partes do mundo, como na Ásia, América do Norte, Oriente Médio, mas é na América do Sul e, especialmente, na África que concentra as maiores áreas de cultivo e consumidores. Esta expansividade é em virtude do alto consumo pela população humana e animal. No Brasil o seu consumo é mais expansivo nas regiões do Norte e Nordeste (FREIRE FILHO et al., 2005; SINGH, 2007), em virtude de ser um alimento básico e de fácil aquisição pela população de baixa renda (MELO, 2002).

A produção média mundial de feijão-caupi em 2014, último levantamento feito pela FAOSTAT (2016), foi de 5.589.216 toneladas (t), produzidas em 12.610.956 hectare (ha), obtendo uma produtividade média mundial de 443,20 kg ha⁻¹, valores que não foram inclusos de alguns países como o Brasil, Índia, entre outros, que não fazem levantamento estatístico separados entre as espécies de feijão em cultivo, como feijão comum *Phaseolus vulgaris* (L.) e feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. No entanto, vale salientar que a ausência desse censo estatístico no sistema da FAO, provavelmente contribuam para que os dados estejam subestimados.

Segundo os dados da FAOSTAT (2016), o continente africano responde por 95,1% (3.467.585,27 t) da produção mundial de grãos secos de feijão-caupi e ranqueia a Nigéria, Niger, Burkina Faso, Republica Unida da Tanzânia, Camarões e Mali como os seis maiores produtores de feijão-caupi, contribuindo com 35,47%, 11,08%, 5,51%, 1,94% 1,73% e 1,45%, respectivamente, do volume total de produção mundial de feijão-caupi.

Em virtude de existir diferentes espécies de feijão, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, BRASIL, 2008), para efeito de regulamento técnico e estimativa de produção, no Brasil, somente as espécies do feijão comum e feijão-caupi, são reconhecidas e contabilizadas no censo nacional, fato de que estas são as que proporcionam uma maior importância social e econômica no país.

De acordo com os dados da safra 2015/16 (CONAB, 2016), considerando as três safras, a área total plantada da cultura de feijão comum e feijão-caupi no Brasil, foi de 2.837.500 ha e que 43,95% desta área foi cultivada com caupi, onde obteve

uma produção estimada em 362.500 toneladas $t\ ha^{-1}$ e produtividade média nacional de 291 $kg\ ha^{-1}$, sendo que 82,55% da área total de feijão-caupi concentra-se cultivado na região Nordeste (1.029.600 ha), predominantemente na região de Ceará, Piauí e Bahia.

Em função de melhores condições climáticas e mercadológicas, a safra de 2016/17, em relação à safra passada, houve um incremento de 12,1% na área total de feijão, e de 8,04% na área geral de feijão-caupi, que conseqüentemente contribuiu significativamente com um aumento de 96,4% da produção total de feijão-caupi. No entanto, mesmo o Nordeste possuindo a maior área (1.545.500 ha) e produção (677.700 t), ainda é a região que obtém menor produtividade média ($438\ kg\ ha^{-1}$) nacional, em função do menor uso de tecnologia e da predominância de sistemas de produção agrícola familiar. Porém, vale ressaltar que a região Centro-Oeste a produtividade alta, em média de $1.008\ kg\ ha^{-1}$ de grãos de feijão-caupi (CONAB, 2017).

No Piauí, com a incorporação de novas áreas de cultivo, principalmente os cerrados, a região passou a ser a terceira maior produtora de feijão-caupi do Nordeste, porém, sua produção se concentra na quadra chuvosa de janeiro a maio, permitindo assim que ocorra apenas duas safras. Sendo que a 1ª safra de 2016/17 se consolidou com uma área de 226,9 mil hectares, registrando um aumento de 7,3% em relação à safra passada, incrementado principalmente pelas áreas de agricultura familiar, que corresponde a mais de 60% da área de feijão do estado, fato este que foi favorecido pelo auxílio de informações que o regime pluviométrico dessa safra seria melhor que nos anos anteriores (CONAB, 2017).

Conforme a CONAB (2017), a 2ª safra também registrou um aumento na área em relação à safra passada na ordem de 108,8%, com área de 6,3 mil hectares. No entanto, a produtividade obtida foi de $572\ kg\ ha^{-1}$, sendo superior à de primeira safra, aumento que foi beneficiado exclusivamente pela produção em larga escala da agricultura empresarial, porém, sendo considerada abaixo da média para esse segmento, e a diminuição se deve à falta de chuva nos estágios finais da cultura.

2.3 Feijão-caupi BRS Tumucumaque e BRS Imponente

Lançada pela Embrapa em 2009, a BRS Tumucumaque, apresenta hábito de crescimento indeterminado, porte semiereto e ramos consistentes, o que lhe permite resistência ao acamamento (BRS TUMUCUMAQUE...,2009). Desta forma, facilita a colheita manual e/ou mecanizada, nesse caso, com uso de herbicida dessecante neste último caso.

A BRS Tumucumaque apresenta ciclo precoce, podendo variar de 65 a 70 dias, com início da floração aos 37 dias, em média. Sousa et al. (2013), avaliando o potencial de genótipos de feijão-caupi para o mercado de vagens e grãos verdes, nas condições de Teresina-PI, obtiveram média semelhante de 37 dias. Porém o início da floração pode variar com as condições climáticas da região, conforme Silva et al. (2013), avaliando cultivares de feijão-caupi irrigado para produção de grãos verde no estado de Pernambuco, obtiveram valor médio de início de floração de 43 dias, este aumento se deve ao fato de que no período que antecedeu o início da floração, houve um decréscimo na temperaturas noturnas, chegando a 20 °C, assim retardando o florescimento.

A BRS Tumucumaque possui uma inflorescência simples, flores de pétalas brancas e sépalas roxas, as vagens são roxas, além de possuir bons rendimentos de produção, como peso médio de 100 sementes em torno de 19,5 g, rico em ferro e zinco, comprimento médio de vagens de 21 cm, com média de produtividade de 1.100 kg ha⁻¹ no regime sequeiro. Já em regime irrigado, ensaios avaliados no município de Teresina, obteve uma média de produtividade de 1703 kg ha⁻¹. Lacerda et al. (2015), avaliando a cultivar BRS Tumucumaque em diferentes laminas de irrigação no semiárido pernambucano, observaram que a lâmina máxima de irrigação, igual a 125% (502,23 mm) da evapotranspiração de referência (ET_o) propiciou um rendimento de grãos secos de 1.442,20 kg ha⁻¹.

De acordo com Souza et al. (2013), avaliando o potencial de 16 genótipos de feijão-caupi para produção de vagens e grãos verdes, os valores médios para os componentes de produção da cultivar BRS Tumucumaque onde o comprimento de vagem o valor médio foi de 23, 7 e 22,4 cm; para o número de grãos por vagem 14,55 e 14,5; para o peso de cem grãos 48,49 e 42,29 g; e obtendo produtividade de grãos de 3.856 e 4.052 kg ha⁻¹, ambos em cultivo de sequeiro e irrigado, respectivamente.

Em função da segurança alimentar, avanços tecnológicos e mercado nacional e internacional, a Embrapa, buscando atender ou minimizar estes requisitos, lança no ano de 2016 uma cultivar ímpar, nomeada de BRS Imponente.

A cultivar de feijão-caupi, BRS Imponente, recomendada para região dos cerrados do Centro-Oeste e Nordeste, em especial o estado de Mato Grosso, local de nível tecnológico avançado onde parte da produção é destinada para a exportação, vem se destacando no cenário por apresentar porte semiereto, ramos laterais curtos, ciclo de maturidade das vagens precoce e inserção das vagens acima do nível da folhagem, sendo ideal para o cultivo mecanizado, além de possuir grãos extra-grandes (massa média de 34 gramas para cada 100 grãos), que tem maior aceitação dos consumidores interno e externo (BRS IMPONENTE..., 2016).

O mercado consumidor internacional, em especial aos países europeus e asiáticos, tem uma maior aceitação por grãos grandes e de coloração branca, fato que quanto maior o grão mais será valorizado o produto. Seus grãos são altamente nutritivos e com elevados teores de zinco e ferro, superando os teores de nutrientes e minerais da cultivar BRS Novaera, além de apresentar rápido cozimento.

A BRS Imponente é uma cultivar que se adequa ao regime de sequeiro, obtendo produtividades relevantes de 2.181 kg ha⁻¹ (Mato Grosso), e quando cultivado sob sistema de irrigação por aspersão através do método convencional, obteve uma produtividade média de 1.165 kg ha⁻¹, possivelmente a baixa produtividade foi influenciado pelas condições adversas da região Teresina-PI, local onde realizaram os ensaios de VCU (Valor de cultivo e uso) (BRS IMPONENTE..., 2016). A produtividade desta cultivar também é influenciada pelos níveis de nitrogênio do solo. De acordo Ferreira Neto et al. (2016) a inoculação com estipes de Rizóbio BR 3262 e adubação nitrogenada de 80 kg ha⁻¹, incrementam uma produtividades de 1.462 kg ha⁻¹ e 2.079 kg ha⁻¹, respectivamente, mostrando que a BRS Imponente responde satisfatoriamente.

Aquino et al. (2017), estudando respostas morfofisiológicas de genótipos de feijão-caupi à salinidade da água de irrigação, nas condições de solo e clima de Teresina-PI, observaram aos 25 dias após semeadura um valor médio de 11 cm e 4,2 mm para a altura e diâmetro da BRS Imponente, respectivamente.

É uma cultura resistente ao acamamento, pois em quaisquer um dos sistema de cultivo de sequeiro ou irrigado, recomenda-se que utilize 200 mil plantas ha⁻¹,

utilizando espaçamento entre linhas de 0,45 ou 0,50 m, com 9 ou 10 plantas por metro linear, respectivamente (BRS Imponente..., 2016). De acordo com Sousa (2017), estudando densidade de plantas, à medida que se ultrapassa as 200 mil plantas ha⁻¹ de feijão-caupi da cultivar BRS Imponente, tende-se a um aumento linear do comprimento do ramo principal e conseqüentemente uma redução significativa no número de ramos laterais, vargens por planta e grãos por vargens, refletindo assim em uma baixa produtividade.

2.4 Necessidade hídrica do feijão-caupi

A água é imprescindível para manter a vida dos seres vivos na atmosfera da terra, pois esta desempenha papéis cruciais nos processos fisiológicos, garantindo o bom funcionamento celular. Em geral, a massa de um tecido vegetal em crescimento ativo, é composta por cerca de 80% a 95% de água, podendo variar entre espécies. As plantas necessitam em média 500 gramas de água para formar uma grama de matéria orgânica, sendo esta absorvida pelas raízes, transportada através do corpo da planta e conseqüentemente perdida para a atmosfera (KERBAUY, 2013; TAIZ; ZEIGER, 2017).

A perda de água da planta para o meio externo é um processo natural fisiológico de regulação hídrica, atribuída a transpiração, que segundo Taiz e Zeiger (2017), ocorre através de um gradiente de concentração de vapor de água, entre a pressão interna da folha e atmosfera, na qual a água presente no espaço intercelular do mesófilo foliar é perdida para a atmosfera através dos poros estomáticos, sendo apenas 5% dessa água extraviada por meio da cutícula foliar.

O feijão-caupi é uma espécie que apresenta capacidade de adaptação a diferentes condições, como clima, estresses hídricos e salinos (FREIRE FILHO et al., 2005), porém, esta habilidade de adaptabilidade e rusticidade varia dentro da espécie (TURK e HALL, 1980; SUMMERFIELD et al., 1985). No entanto, para obter bons rendimentos nessa cultura, é imprescindível conhecer as exigências hídricas, bem como as respostas as diferentes lâminas de água (NASCIMENTO et al., 2004). Sendo assim, primordial para maximizar a produtividade e minimizar os custos de produção e dos recursos hídricos, que são cada vez mais escassos (CAMPOS et al., 2008).

As exigências hídricas do feijão-caupi variam de acordo com o estágio fenológico, sendo que a quantidade de água requerida na germinação até a fase de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo é crescente, e decrescente a partir da maturação fisiológica (NÓBREGA et al., 2001; BASTOS, et al. 2008; SILVA et al., 2013). Em geral, a exigência hídrica durante o ciclo varia de 300 a 450 mm, dependendo da cultivar, tipo de solo e condições climáticas (NASCIMENTO, 2009; BASTOS, ANDRADE JUNIOR e NOGUEIRA, 2017).

Bastos et al. (2008), estudando a evapotranspiração e o kc do feijão-caupi no Vale do Gurguéia, estado do Piauí, obtiveram uma evapotranspiração de 288,5 mm para todo o ciclo da cultura, correspondendo a um valor médio de 4,1 mm dia⁻¹; no estágio fenológico, a maior demanda hídrica foi observada na fase reprodutiva, com 5,4 mm dia⁻¹. Murga-Orrillo et al. (2016) também afirmam que o estágio fenológico de maior demanda hídrica é o reprodutivo, atingindo valores de 5,4 mm dia⁻¹ em solo sem cobertura e 4,9 mm dia⁻¹ em solo com cobertura; porém, o total acumulado da ETc durante todo o ciclo da cultura, para ambos os cultivos foram de 311,0 e 260,4 mm, respectivamente, sendo inferior ao anterior.

Moura et al. (2009), demonstraram que a máxima eficiência técnica para o rendimento de grãos foi observada para a lâmina de 449 mm, resultando em um rendimento médio de 1.376,87 Kg ha⁻¹. Oliveira et al. (2011), trabalhando com lâminas de irrigação associado a doses de fósforo na região do cerrado, em Boa Vista-RR, obtiveram produtividade de grãos maiores (1.420,51 kg ha⁻¹) com uma lâmina 57% (257,2 mm) a menos. A diferença de produtividade e o consumo hídrico podem estar correlacionado com as condições climáticas de cada região, que segundo Carneiro et al. (2011), infere que quando as plantas estão em condições adversas podem sofrer alterações fisiológicas e bioquímicas, e assim terem respostas diferentes quanto a absorção de água e produção.

Tagliaferre et al. (2013), avaliando as características agrônômicas do feijão-caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio, inferiram que as lâminas de irrigação proporcionaram efeitos significativos na produtividade do feijão caupi, sendo a lâmina de 459,4 mm a estimada para obtenção da produtividade máxima de 2.820,03 kg ha⁻¹. E de acordo Andrade Júnior et al. (2014), quando submetidas a diferentes lâminas de irrigação, os parâmetros de crescimento do feijão-

caupi são influenciados positivamente ou negativamente, dependendo da quantidade de água a ser fornecida.

2.5 Efeitos do déficit hídrico nas características morfofisiológica do feijão-caupi

O estresse em geral é um fator externo que exerce influência deletéria sobre a planta (TAIZ e ZAIGER, 2017); Ele altera todos os níveis de funcionamento celular do organismo e interferindo na sua homeostase, nas quais os danos são reversíveis em princípio, mas podem se tornar permanente (LARCHER, 2004).

As plantas cultivadas se desenvolvem e reproduzem em ambientes complexo e sazonalidades distintas, locais onde são compostos de diversos fatores abióticos (físicos e químicos) que divergem das condições ideais nas quais estão adaptadas, e isso contribuem para desencadear reações na fisiologia e morfologia da planta. No entanto, há vários fatores abióticos, porém, os que mais restringem o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de uma planta são: os estresse ocasionado pela água, os elementos na solução do solo, a temperatura e luz (LARCHER, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2017; SANTOS et al., 2017).

Porém, os estresses não são apenas elementos destrutivos, mas sim construtivo, sendo assim, a principal forma de seleção e distribuição de espécies na natureza, além de incrementar mecanismos de aclimação e adaptação para evolução das espécies (PIMENTEL, 2004; SANTOS et al., 2017).

Os estresses, qualquer tipo que seja, afetam significativamente os caracteres morfofisiológicos da planta, sendo que não existe um processo vital que não seja influenciado através do declínio do potencial hídrico ou déficit hídrico (LARCHER, 2004). Dentre elas, a primeira resposta ao fator estresse hídrico é a redução da turgescência das células, e com conseqüente retardo no desenvolvimento da planta. Além disso, o efeito da deficiência hídrica também interfere nas respostas hormonais, e assim, desencadeia a síntese do ácido abscísico, que na folha induz o fechamento estomático. Esse fechamento implica na redução do metabolismo fotossintético e da atividade das enzimas, juntamente com baixa eficiência de carboxilação e redução na absorção de CO₂, com conseqüente diminuição na síntese de fotoassimilados e

diminuição em produtividade (LARCHER, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2017; LISAR et al., 2012).

As plantas cultivadas mesmos quando estão sob condições favoráveis de manejo, cotidianamente no campo são submetidas a diversos estresses. Para Silva e Alcântara (2009), na região nordeste do Brasil, precisamente no semiárido, a ocorrência de déficit hídrico é comum, e a agricultura convencional é uma atividade desfavorecida, tornando-a viável apenas na estação chuvosa.

O feijão-caupi, como as demais culturas, o rendimento é influenciado pela disponibilidade hídrica do solo (MOUSINHO et al., 2008). E segundo Lima et al. (2006), para se obter bons rendimentos, é imprescindível conhecer a dinâmica da água no solo, e conhecendo o sistema solo-planta e atmosfera, a tomada de decisão é um fator crucial na exploração agrícola.

Silva et al. (2016), avaliando o rendimento de fitomassa seca e as trocas gasosas de genótipos de feijão-caupi, cultivados em diferentes técnicas de conservação de água no semiárido brasileiro, inferiram que o uso de camalhão e bacia auxilia na preservação de água no solo para a cultura durante o seu ciclo, onde proporciona melhor rendimento de fitomassa seca do caule, folha e parte aérea à planta.

Andrade Junior et al. (2014), avaliando o crescimento de cultivares de feijão-caupi de porte semiereto e semiprostrado em resposta a aplicação de lâminas de irrigação nas condições de solo e clima do município de Bom Jesus-PI, constataram que os regimes hídricos diferenciados impostos afetaram o crescimento das cultivares em estudo. Esses autores relatam que o valor máximo de acúmulo de matéria seca total para a BRS Tumucumaque foi $84,92 \text{ g planta}^{-1}$ com uma lâmina de 473,4 mm, cerca de 17% a mais do valor obtido na cultivar BRS Aracê.

Em estudo semelhante, Bastos et al. (2002); Andrade Júnior et al. (2005), obtiveram resultados mais expressivos, onde os valores observados, em ambos os trabalhos no município de Teresina-PI, para a cultivar BR 17-Gurguéia foi de $160 \text{ g planta}^{-1}$ de matéria seca total com a maior lâmina de irrigação.

O estresse hídrico gera uma série de consequência para as plantas, como a redução no potencial hídrico foliar, condutância estomática e transpiração, esses efeitos negativos acentuaram como redução nos componentes de produção (MENDES et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2011). E a ocorrência de déficit hídrico

tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva, há uma redução progressiva da produção de matéria seca total (BEZERRA et al. 2003; LEITE e VIRGENS FILHO, 2004).

Nascimento et al. (2004), observaram que as plantas de feijão-caupi submetidas a níveis de água disponível no solo de 60% e 40%, provocam as maiores reduções no comprimento da haste principal, 26% e 48%, e no número de folha por planta, 23% e 35%, respectivamente, quando comparado à testemunha.

Bastos et al. (2012), avaliando os parâmetros fisiológicos do feijão-caupi sob déficit hídrico, constataram que o índice de área foliar foi reduzido a medida que decresceu as lâminas de irrigação, e quanto ao teor de clorofila total os maiores valores observados foram 66 e 82, obtidos aos 44 DAS com aplicação máxima de 125% da ETo (322 mm) para as cultivares BRS Paraguaçu e BRS Guariba, respectivamente. Em relação à lamina máxima, a ETo de 25%, considerada a mínima, obteve uma redução média de 13,8% e 18,8% na clorofila total.

Freitas et al. (2014), avaliando o crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional, constataram que independente do sistema de plantio, todas as variáveis de crescimento são afetadas negativamente pelo déficit hídrico. Estes autores observaram para a taxa de crescimento absoluto um crescimento lento até os 29 DAS, e que após 36 DAS, início do veranico, houve uma redução significativa para a taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento líquido e taxa de crescimento relativo. Este decréscimo está relacionado com o aumento da necessidade por fotoassimilados para a manutenção dos órgãos da planta já formados, assim, a quantidade de fotoassimilados disponível para as taxas de crescimento tende a ser menor (BENINCASA, 2003).

2.6 Influência das fontes de nitrogênio sobre o feijão-caupi

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, além de ser o mais extraído pelo feijão-caupi (MALAVOLTA e LIMA FILHO, 1997). Este elemento é o principal componente das biomoléculas, estando presente na estrutura de ácidos nucléicos, aminoácidos, proteínas, entre outros. Na grande maioria sua concentração na atmosfera encontra-se na forma de N₂, cerca de 78%, porém essa forma não está disponível para as plantas, se tornando um fator limitante

para a produção agrícola (TAIZ e ZEIGUER, 2017). Esta indisponibilidade se deve ao fato de os dois átomos de nitrogênio estarem fortemente unidos por uma tripla ligação, sendo que para que ocorra a reação básica de transformação do N atmosférico em amônia ($N_2 + 3H_2 = NH_3$), é necessário o fornecimento de temperatura e pressão muito elevadas (fixação industrial) ou a presença de um sistema enzimático apropriado (fixação biológica de nitrogênio) (ALVES, 2007).

As principais fontes pelas quais as plantas podem obtê-lo são da mineralização da matéria orgânica do solo, fertilizantes nitrogenados ou pela fixação biológica de nitrogênio (FBN) (RUFINI et al., 2014). Algumas espécies vegetais como as leguminosas, podem formar associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio denominadas rizóbios, estas se tornam bacteróides e podem converter o nitrogênio atmosférico em amônia nos nódulos das plantas (FIGUEIREDO et al., 2008).

Os rizóbios, através da FBN, podem suprir, em parte ou totalmente, a necessidade de nitrogênio de plantas leguminosas como o feijão-caupi, e, portanto, reduzir a necessidade da aplicação de fertilizantes nitrogenados (FARIAS et al., 2016).

De acordo com Oliveira et al. (2003), para se obter bons rendimentos econômicos, o uso de adubação nitrogenada é essencial, porém se deve usar até que a nodulação esteja plenamente estabilizada. Porém, em estudos mais recentes Brito et al. (2011), ressaltam que o incremento na dose de nitrogênio proporciona redução na fixação simbiótica de nitrogênio nas plantas de feijão comum e feijão-caupi. E que a fixação simbiótica de N_2 em feijão-caupi submetido à inoculação pode substituir totalmente a adubação nitrogenada, inclusive a dose de arranque na semeadura.

O uso da tecnologia da inoculação em sementes de leguminosas pode aumentar a produtividade, reduzir o custo de produção, economizar combustíveis fósseis e reduzir a poluição do solo, água, atmosfera contribuindo para a sustentabilidade na agricultura (HUNGRIA, MENDES e MERCANTE, 2013). Estima-se que no Brasil a FBN tenha contribuído com cerca de 7,3 milhões de toneladas ano⁻¹ de nitrogênio.

Atualmente existem estirpes selecionadas e recomendadas para a produção de inoculante para cerca de 100 espécies de leguminosas, incluindo o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). A tecnologia na produção de inoculantes evoluiu para produtos que podem aumentar de forma rotineira e eficiente a fixação de N_2 (ZILLI et

al., 2010). A turfa estéril e os inoculantes líquidos são tecnologias promissoras que podem garantir uma grande quantidade de rizóbio viável sem contaminação (SALVAGIOTTI et al., 2008).

Segundo Santos et al. (2014), estudando inoculação com *Bradyrhizobium* e adubação nitrogenada em feijão-caupi em solos de Roraima que apresentam baixo teor de matéria orgânica, e nestas condições observaram que a FBN, estirpe BR 3262, em feijão-caupi é suficiente para prover o N de que a planta necessita para sua produção, respondendo por mais de 80% do incremento de produção.

Comportamento semelhante foram obtidos por Junior et al. (2010), avaliando a eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi, no cerrado de Gurupi-TO, observaram que as estirpes testadas apresentaram grande eficiência na fixação do nitrogênio, parte delas com produção de biomassa (matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e matéria seca total) equivalente a 90%, ou mais, da biomassa produzida pelo tratamento com N mineral.

Porém, as reduções no crescimento em plantas dependentes de N_2 ocorrem, principalmente, em virtude da baixa disponibilidade de N na fase prévia ao início da fixação de N_2 , e podem ser diminuídas ou evitadas com a adubação de arranque no momento da semeadura (BRITO et al. 2011). Segundo Xavier et al. (2008), a produtividade de grãos do feijão-caupi aumenta com o uso da inoculação e o efeito dessa prática é favorecida quando o feijão-caupi é adubado com no máximo 20kg ha^{-1} de N.

O trabalho desenvolvido por Pereira Junior et al. (2015), avaliando adubação nitrogenada na cultura do feijão-caupi irrigado, no município de Sousa-PB, constataram que, o aumento das doses de nitrogênio (25, 50, 75 e 100 kg ha^{-1}) influenciaram no aumento da massa de 100 grãos, na produtividade de grãos e os teores de nitrogênio na folha, sendo que a produtividade de grãos máxima foi de 1.977 kg ha^{-1} com a dose de 100 kg ha^{-1} de N, ocorrendo incremento de 75,26% quando comparados ao tratamento testemunha, cuja produtividade foi 1.128 kg ha^{-1} .

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e condições climática da região

O experimento foi conduzido no período de julho a agosto de 2017, sob casa de vegetação do Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-açúcar, localizado no Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), em Teresina-PI, situado a 5° 05' 21" de latitude Sul e 42° 48' 07" de longitude Oeste e uma altitude de 72 m (Figura 1).



Figura 1. Localização da casa de vegetação do programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar no município de Teresina-PI. Fonte: Google Earth (2018)

O clima da região é do tipo C1sA'a', segundo a classificação de Thornthwaite e Mather (1955), sendo caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com chuvas de verão e outono, e precipitação média anual de 1.342,4 mm. A evapotranspiração de referência média anual é de 5,1 mm e as médias anuais para a umidade relativa do ar e temperatura são de 72,9% e 29,2 °C, respectivamente (BASTOS e ANDRADE JÚNIOR, 2016).

3.2 Caracterização das cultivares, vasos e solo

As cultivares utilizadas foram a BRS Imponente e BRS Tumucumaque, ambas possuem características semelhantes quanto ao hábito de crescimento, porte, e dentre outras variáveis, porém se diferenciam na subclasse comercial, tamanho e peso do grão (Tabela 1).

Tabela 1. Principais características agrônômica das cultivares de feijão-caupi. Teresina, PI, 2018

Cultivares	Subclasse Comercial	Ciclo (dias)	Porte	Peso de 100 grão g
BRS Imponente	Branco rugoso	40-60	Semiereto	34,0
BRS Tumucumaque	Branco liso	40-60	Semiereto	19,5

FONTE: Embrapa Meio-Norte.

As unidades experimentais foram vasos plásticos cônicos com altura de 25 cm e volume de 3,8 dm³, pesando em média 105 gramas.

Como substrato utilizou-se um Argissolo Vermelho-Amarelo, eutrófico, com textura arenosa proveniente da área do Departamento de Fitotecnia/CCA. A caracterização granulométrica e química (Tabela 2), foi realizada em amostra coletada na camada de 0-0,2 m, que revelou um solo com um pH e saturação por base satisfatório à cultura, entretanto, os macronutrientes como o fósforo e potássio apresentaram valores inadequados para o bom desenvolvimento da planta.

Tabela 2. Densidade, características granulométricas e químicas do solo utilizado como substrato nos vasos. Teresina, PI, 2018

Profundidade (m)	Granulometria (g kg ⁻¹)			Ds* (g cm ⁻³)	Classificação. Textural							
	Areia	Silte	Argila									
0 – 0,2	790	110	100	1,185	Franco-arenoso							
Análise química												
pH	MO	P	K	Na	Mg ⁺²	Ca ⁺²	Al ⁺³	H+Al	SB	CTC(T)	V	
H ₂ O	%	-----mg dm ³ ----									%	
5,9	1,3	1,07	16,2	12,3	1,22	3,67	0,03	2,92	4,96	7,88	62,94	

* Densidade do solo. Fonte: Laboratório de análise de solos da UFPI.

3.3 Preenchimento e arranjo espacial dos vasos

O solo coletado foi exposto ao sol sobre uma lona, formando uma camada de 0,03 m. A cada duas horas a camada do material era revolvida por completo, afim de acelerar o processo de secagem. Com o solo completamente seco realizou-se o peneiramento e, coletou-se quatro amostras para análise do teor de umidade. Após obter umidade higroscópica, condição de massa seca, o solo foi acondicionado nos vasos com base na densidade $1,185 \text{ g cm}^{-3}$. A massa do solo colocada em cada vaso foi calculada entre o produto de volume 3.250 cm^3 e densidade do solo, o que totalizou 3,851 kg de solo seco. Ainda foi adicionado 500 g, referente ao conjunto formado por vaso de brita e tela de mosquiteiro, com a finalidade de auxiliar na drenagem de água sem perder solo. Totalizando um peso final por vaso de 4,351 kg.

Em seguida, os vasos foram arranjados no espaçamento 0,30 x 0,22 m sobre duas bancadas de aço galvanizado com dimensões 1,20 m de largura x 5,00 m de comprimento x 0,80 m de altura e tampo com tela de malha 30 x 30 mm. A cada sete dias, eram realizados rodízios na posição dos vasos com o intuito de distribuir aleatoriamente variações do acaso. Após 25 dias da semeadura (DAS), os vasos foram rearranjados para 0,40 x 0,33 m.

3.4 Adubação de Semeadura

Foi realizada com base na análise do solo e exigência da cultura, utilizando-se superfosfato triplo e cloreto de potássio, na recomendação de $60 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ e $40 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$. Para fornecer a quantidade exata em cada vaso, foi necessário fazer uma relação da massa seca do solo no vaso com a massa do solo seco ocupado em um hectare na camada agricultável de 0,20 m e estimados através do produto entre densidade e o volume. Assim a adubação por vaso correspondeu a 0,54 g de superfosfato simples (18% de P_2O_5) e 0,11 g de cloreto de potássio (60% de K_2O), pesados em balança analítica digital com precisão de 0,0001 g.

Os adubos foram incorporados ao solo do vaso na profundidade de cinco cm, três dias antes do plantio.

3.5 Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x5x3, com seis repetições, perfazendo um total de 180 parcelas, representadas por cada vaso com uma planta. Foram avaliadas duas cultivares de feijão-caupi (BRS Imponente e BRS Tumucumaque), cinco níveis de déficit hídrico (0, 15, 30, 45 e 60% da evapotranspiração da cultura) e três fontes de nitrogênio (inoculação com estirpe SEMIA 6462, 20 kg ha⁻¹ de N-mineral na forma de sulfato de amônio e solo de mata com 1,3% de matéria orgânica).

Os níveis de déficit hídricos de 0, 15, 30, 45 e 60% do limite máximo da evapotranspiração da cultura (ETc) equivaleram, respectivamente, à 100, 85, 70, 55 e 40% de reposição da ETc.

Para a inoculação das estirpes nas sementes, utilizou-se uma solução açucarada de 10% (100 gramas de açúcar para 1 litro de água), seguido do inoculante tufofo na recomendação de 500 gramas para cada 50 kg de sementes. Este processo foi realizado no turno da manhã hora antes da semeadura.

Os tratamentos com 20 kg de N-mineral ha⁻¹, receberam aos 15 dias após a semeadura (DAS) a adubação à base de sulfato de amônio na dosagem de 0,16 g por vaso. Para facilitar a aplicação uniforme, determinou-se a quantidade total para os 60 tratamentos e em seguida, foi diluído em 600 mL de água destilada para aplicação 10 mL da solução nas parcelas do tratamento.

3.6 Plantio

Antes do plantio, as sementes foram submetidas a tratamento fitossanitário na Embrapa Meio-Norte, com Friponil, na dosagem de 200 mL/100 kg de sementes, para prevenir o ataque de patógenos de solo. A semeadura foi realizada no dia 17 de julho de 2017, colocando-se cinco sementes por vaso na profundidade de 2 cm. Sete dias após a semeadura, realizou-se o primeiro desbaste deixando duas plantas por vaso e aos 10 DAS repetiu-se o procedimento de desbaste deixando apenas a planta mais vigorosa de cada vaso, obtendo-se, assim, um estande final completo e mais uniforme.

3.7 Capacidade de vaso, evapotranspiração e manejo da reposição de água

Para a determinação da capacidade máxima de retenção de água do solo (capacidade de vaso), utilizou-se metodologia semelhante à descrita por Kämpf; Takane; Siqueira (2006), obtida pela Equação 1. Foram utilizados seis vasos com mesma massa (4,351 kg), volume (3.250 cm³) e densidade (1,185 g cm⁻³). Após a padronização, os vasos foram colocados em tambor com capacidade de 100 L, em seguida foi adicionado água até alcançar 2/3 da altura do vaso, e tanto os vasos como o tambor foram vedado com sacos plásticos para evitar a evaporação durante o processo de embebição do solo por capilaridade. Após 24 horas o solo atingiu a saturação de água e os vasos foram retirados do tambor e colocados sobre uma mesa telada e plana, para que a água drenasse até o cessamento após seis horas. Os vasos foram novamente pesados e por diferença entre massa final e inicial do vaso (solo úmido e solo seco), obteve-se a capacidade média de armazenamento de 0,68 kg de água do solo no vaso.

$$CRA = P2 - P1 \quad (1)$$

sendo, CRA: é a capacidade de retenção de água; P1: é a massa do vaso preenchido com solo seco e P2: é a massa do vaso com solo úmido após a drenagem.

Considerando o peso específico da água de 1,0 g cm⁻³, o valor da CRA do vaso em kg foi transformado para mL. Em seguida, horas antes do plantio, todos os vasos com solo seco receberam uma lâmina inicial de 680 mL, de modo a manter o solo do vaso em capacidade máxima de armazenamento de água.

Em seguida, após o preenchimento da CRA do vaso, a quantidade de água evapotranspirada pela cultura foram determinadas diariamente no período das oito horas da manhã, através do método de evapotranspiração direta por meio da pesagem (Equação 2). Onde usou-se como referência o peso diário dos seis vasos dos tratamentos com 100% da disponibilidade hídrica (Cultivar BRS Imponente e BRS Tumucumaque com adubação nitrogenada, inoculante e solo de mata), tirando-se a média (kg) da água evapotranspirada, sendo esta média final aplicada diariamente em todos os tratamentos de maneira uniforme até ao 11^o DAS.

$$VL_{diário\ mm} = (PVDx - PVDy) \quad (2)$$

sendo, VL diário (mm): volume diário transformado para mL; PVDx (g): peso do vaso do dia anterior; PVDy (g): peso do vaso do dia seguinte.

A partir do 12º DAS, iniciou-se o fornecimento de água nos vasos conforme os níveis de reposição da ETc preestabelecidos (40, 55, 70, 85 e 100%). A lamina de água aplicada para cada tratamento, foi calculada no intervalo de 24 h (Equação 3). Este procedimento estendeu-se até a última coleta de dados, aos 35 DAS.

$$VL_{diário\ mm} = (PVDx - PVDy) \cdot \left(\frac{EH}{100}\right) \quad (3)$$

sendo, EH: nível de reposição da ETc conforme o tratamento a receber o déficit hídrico, em %.

3.8 Características avaliadas (amostras não destrutivas)

Foram realizadas avaliações não destrutivas (biométricas) com diferentes número de repetições, sendo seis aos 24 DAS e três aos 34 DAS. Durante toda a condução dos experimentos foram usados o mesmo número de repetições por tratamento para cada época de avaliação.

- a) Diâmetro do caule (DC, em mm) – Medido com paquímetro digital na região acima do nó cotiledonar.
- b) Altura da planta (ALT, em cm) – comprimento entre a região do colo da planta (transição entre o caule e raiz, situado ao nível do solo) e o ápice do ramo principal, sendo determinado com auxílio da régua milimetrada.
- c) Número de folhas por planta (NFP) – Contagem do número total de folhas totalmente expandida na planta.
- d) Número de nós no ramo principal (NNRP) – A contagem do número de nós no ramo principal da planta, iniciou-se a partir do nó de inserção das folhas unifolioladas até o nó da gema apical do ramo principal.

- e) Índice relativo de clorofila (IRC, em %) – Para mensuração do teor de clorofila usou-se o medidor portátil de clorofila, clorofiLOG. Foi feita uma leitura na parte da manhã no segundo trifólio totalmente expandido.

3.9 Características avaliadas (amostra destrutivas)

Após as análises não destrutivas, foram realizadas, aos 25 e 35 DAS, amostragens destrutivas, com três repetições, em cada tratamento. As partes da planta de feijão-caupi como folha, haste e raiz, foram separadas e acondicionadas em sacos de papel para avaliação dos seguintes caracteres:

- a) Matéria seca da parte aérea (MSPA, em g) – fitomassa seca do caule e folhas por planta.
- b) Matéria seca da Raiz (MSR, em g) – fitomassa seca da raiz por planta.
- c) Matéria seca total (MST, em g) – fitomassa total seca da parte aérea (folhas e hastes) e da raiz por planta.
- d) Área Foliar (AF, cm²) – Foi mensurada através do integrador de área foliar LICOR, modelo LI-3100, onde todas as folhas foram retiradas da planta e passadas pelo medidor.
- e) Relação parte aérea e raiz (RPAR, em g g⁻¹) – relação entre a massa seca da parte aérea e massa seca das raízes em (g g⁻¹) (Equação 4).

$$RPAR = \frac{MSPA}{MSR} \quad (4)$$

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

Para determinação da matéria seca, as partes da planta foram separadas, ensacadas e colocados em estufa de circulação forçada a 65°C, até atingir matéria seca constante. Em seguida, foram pesadas em balança de precisão 0,0001, em gramas, para obter a fitomassa seca de cada parte.

3.10 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F com estudo da regressão para os níveis de reposição. As médias das cultivares, das fontes de nitrogênio e as interações foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As análises foram realizadas por meio do programa SISVAR (Versão 5.6).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Elementos meteorológico

Os dados de umidade relativa do ar e temperatura máxima, mínima e média do ar, registrados nas condições e no período de condução do experimento através de um Termo-higrômetro digital, modelo PY45, encontram-se nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

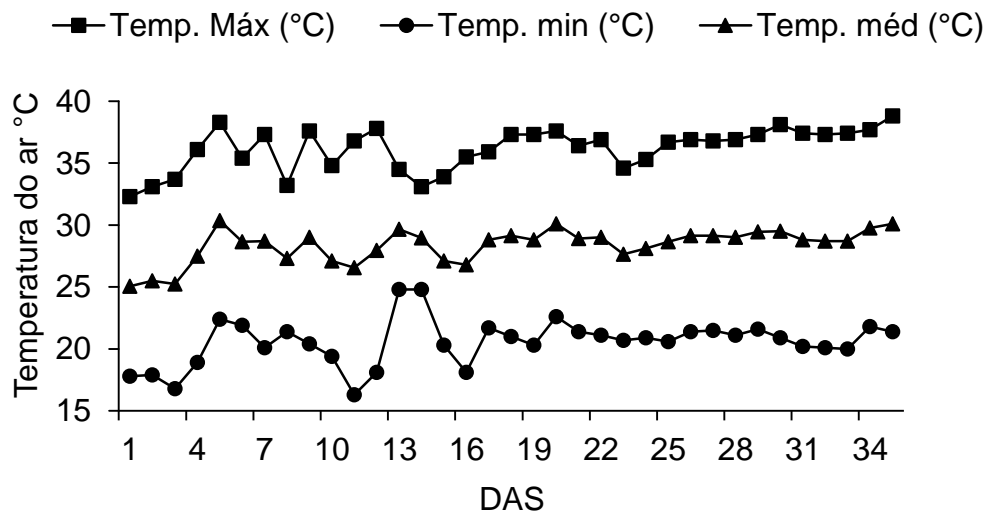


Figura 2. Valores diários observados de temperatura máxima, mínima e média, em °C, no período experimental, Teresina, PI, 2018

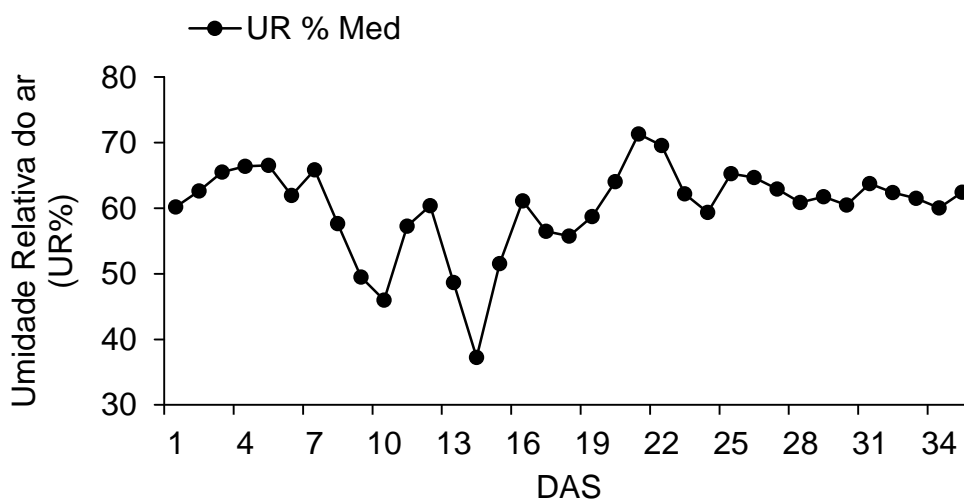


Figura 3. Valores médios diários observados de umidade relativa do ar, em %, no período experimental, Teresina, PI, 2018

No intervalo de 35 DAS, verificou-se temperatura média do ar de 28,56 °C e, uma variação de 25,0 a 30,3 °C, mantendo-se dentro do intervalo ideal de 18 a 34 °C para excelente crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi (OLIVEIRA et al., 2017), porém, as temperaturas máxima de 38,8 °C e mínimas de 16,3 °C, registradas aos 35 e 11 DAS, respectivamente, não permaneceram neste mesmo intervalo e, possivelmente influenciaram negativamente algumas variáveis morfofisiológica. Segundo Campos et al. (2010) altas temperaturas do ar contribuem para o aumento da evapotranspiração e ocorrência de déficit hídrico, podendo implicar nos diferentes processos metabólicos. Em situação de déficit hídrico as plantas estimulam o fechamento estomático, conseqüentemente aumenta a taxa respiratória, reduz a produção de fotossíntese líquida e restringe o desenvolvimento da planta de feijão-caupi (CARDOSO et al., 2005; WAHID et al., 2007). Temperaturas mínimas do ar variaram entre 16,3 °C (11 DAS) a 24,8 °C (13 DAS), no entanto não influenciaram negativamente no seu crescimento, pois segundo Craufurd et al. (1996), a temperatura base, abaixo na qual cessa o crescimento, está na faixa de 8 a 11 °C (Figura 2).

Observa-se também, que a variação da temperatura do ar média, máxima e mínima foi mais acentuada até os 25 DAS, e esta oscilação não só influenciou na fisiologia da planta, como também no valor da umidade relativa do ar. Segundo FARIAS et al. (1993), a temperatura e umidade do ar são inversamente proporcionais, além de serem muito variáveis no interior da casa de vegetação. Sentelhas e Santos (1995), relatam que o aumento de temperatura no turno da manhã e tarde reduz consideravelmente a umidade relativa no interior do ambiente protegido, sendo reversível durante a noite, devido à queda acentuada de temperatura. Comportamento semelhante foi observado na Figura 3, onde a maior variação do valor médio da umidade relativa foi no intervalo dos 25 DAS, em seguida os valores mantiveram-se próximos de 62,39%, valor médio da umidade relativa do ar durante a condução experimental. O maior (71,31%) e menor (37,25%) valor de UR foi observado aos 14 e 21 DAS, respectivamente. Valores de UR muito baixo aliada a altas temperaturas estimulam maior demanda evapotranspirativa, e em casos extremos estimulam o fechamento dos estômatos que diminui a fotossíntese e, conseqüentemente na produção de fotoassimilados.

4.2 Diâmetro do Caule (DC)

Houve efeito significativo entre as cultivares aos 24 e 34 DAS ($p < 0,01$), e para a interação ($p < 0,05$) entre cultivares e FN aos 34 DAS (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para o diâmetro do caule (DC, em mm) aos 24 e 34 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis déficit hídrico e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018

Fonte de Variação	Quadrado Médio	
	24 DAS	34 DAS
Cultivar (C)	28,92 **	16,21 **
% Reposição da ETc (RE)	7,02 --	9,49 --
Fonte de nitrogênio (FN)	0,10 ns	0,20 ns
C*RE	0,26 ns	0,09 ns
C* FN	0,01 ns	0,04 *
RE*FN	0,07 ns	0,15 ns
C*RE*FN	0,12 ns	0,04 ns
Resíduo ¹	0,11	0,07
Média geral	4,78	5,30
CV (%)	7,05	5,14

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ns Não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F. (--) Não se aplica o teste.

¹ Número de graus de liberdade para o resíduo: 150 (24 DAS) e 60 (34 DAS).

A BRS Imponente apresentou médias de 5,2 e 5,7 mm para DC aos 24 e 34 DAS, respectivamente, os quais foram significativamente superiores aos da BRS Tumucumaque com 4,4 e 4,9 mm aos 24 e 34 DAS, respectivamente (Tabela 4). A diferença média de 14% entre as cultivares, pode estar atribuída aos efeitos genéticos. Segundo Bezerra et al. (2012), quanto maior o DC de uma cultivar de feijão-caupi, maior será a resistência ao acamamento.

Tabela 4. Médias¹ do diâmetro do caule (DC, em mm) de duas cultivares de feijão-caupi aos 24 e 34 DAS. Teresina, PI, 2018

Cultivar	Média	
	24 DAS	34 DAS
BRS Imponente	5,18 a	5,72 a
BRS Tumucumaque	4,38 b	4,87 b
DMS	0,09	0,11

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

Aquino et al. (2017), estudando três genótipos de feijão-caupi sob irrigação salina, em Teresina-PI, observaram um DC de 4,2 mm, aos 25 DAS, para a BRS Imponente no tratamento em plena irrigação e sem adição de sal, portanto, inferior ao presente trabalho quando avaliado na mesma época.

O DC de cada cultivar não foi alterado em função das diferentes fontes de N, mas sim em função do efeito genético, onde a BRS Imponente manteve a superioridade sobre a BRS Tumucumaque ($p < 0,05$) dentro de todos os níveis de FN (Tabela 5).

Tabela 5. Médias¹ do diâmetro do caule (DC, em mm) de duas cultivares de feijão-caupi em função das fontes de nitrogênio (FN) aos 34 DAS. Teresina, PI, 2018

Cultivar	Fonte de nitrogênio ²		
	S	N	I
BRS Imponente	5,79 aA	5,77 aA	5,61 aA
BRS Tumucumaque	4,85 bA	4,96 bA	4,80 bA
	DMS _{linha} = 0,23		DMS _{coluna} = 0,19

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

²Fontes de nitrogênio: S – solo da mata com 1,3% de M.O; N – adubação com 20 kg de N ha⁻¹; I – Inoculação com estirpe de rizóbio SEMIA 6462.

Os efeitos do déficit hídrico aos 24 e 34 DAS, apresentaram sobre DC ajustes aos modelos quadráticos com reduções de 19,2% e 28,6%, respectivamente, quando comparados os níveis de reposição da ET_c de 100% com 40% da ET_c dentro de cada época (Figura 4). A maior redução do DC, aos 34 DAS, pode ser justificada por Murga-Orrillo et al. (2016), na qual infere que a maior demanda hídrica da planta é no estágio fenológico reprodutivo. Fato que neste trabalho, aos 34 DAS, as plantas encontravam-se em transição para o estágio de reprodução, assim, exigindo uma maior demanda de água e, na ocorrência de déficit hídrico a variável DC foi fortemente prejudicada quando submetida aos níveis de reposição de 40% e 50% da ET_c.

No intervalo de 70% a 40% de reposição da ET_c, aos 24 e 34 DAS, observa-se um efeito negativo com redução média de 10% no DC em resposta ao aumento do déficit hídrico, porém, menos intenso do que no intervalo de 70% a 100% de reposição da ET_c, quando observou-se um efeito negativo com redução média de 16% no DC.

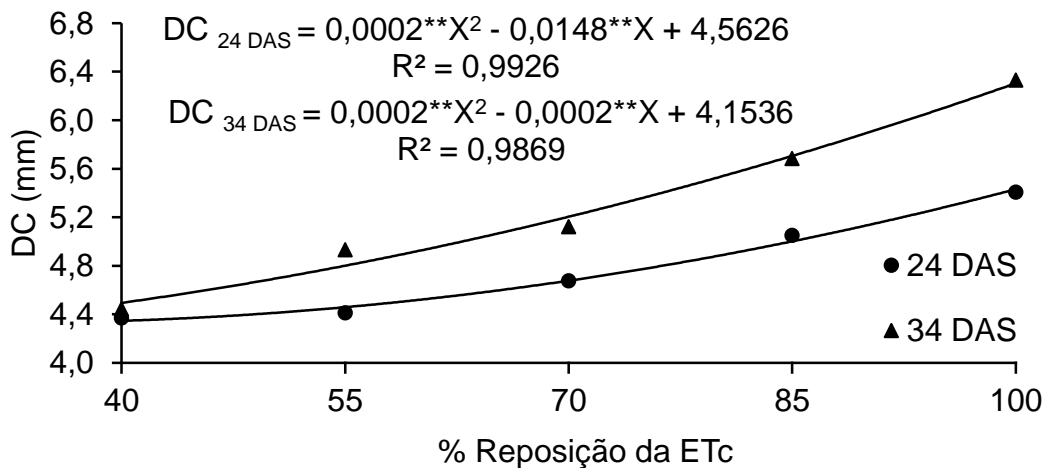


Figura 4. Diâmetro médio do caule (DC, em mm), aos 24 e 34 DAS, das cultivares de feijão-caupi em função dos cinco níveis de reposição da ETc. Teresina, PI, 2018

Meira et al. (2017), estudando características de feijão-caupi submetido a estresse hídrico severo, em Vitória da Conquista-BA, observaram que na terceira avaliação, no intervalo de 36 a 43 DAS, o feijão-caupi apresentou sensibilidade ao déficit hídrico de 80%, equivalente a 20% do nível de irrigação plena. Sendo que a cultivar BRS Xiquexique (7,5 mm) foi estatisticamente igual a BRS Guariba e BRS Marataoã, e diferente da BRS Pujante (6,0 mm) para o diâmetro do caule.

Sousa et al. (2015) e Pereira Filho et al. (2017), em estudos sobre déficit hídrico no feijão-caupi, observaram decréscimo significativo no diâmetro do caule em função da redução de 50% do nível de água aplicado. Segundo Freitas et al. (2017), a redução nas variáveis morfofisiológica é uma resposta sensível da cultura do feijão-caupi ao déficit hídrico, além de ser uma forma de otimizar a água para garantir parcialmente a atividade fisiológica. Segundo Bezerra et al. (2003), cultivares de feijão-caupi possuem reações fisiológicas diferentes quando submetidas a déficit hídrico, permitindo assim determinado nível de tolerância.

Contrastante a este trabalho, Gonçalves et al. (2017) analisando a interação de genótipos de feijão-caupi com diferentes lâminas de irrigação no vale do São Francisco, em Juazeiro-BA, concluíram que, estatisticamente, as lâminas de irrigação não influenciaram a variável DC. Entretanto, influenciou em outras variáveis como altura de planta, massa seca e número de nós no ramo principal.

4.3 Altura da Planta (ALT)

Para altura de planta verificou-se diferença significativa ($p < 0,01$) entre a BRS Imponente e BRS Tumucumaque e, entre as fontes de nitrogênio, aos 24 e 34 DAS. Entretanto, apenas aos 34 DAS observou-se efeito significativo da interação tripla ($p < 0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para altura de planta (ALT, em cm) aos 24 e 34 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018

Fonte de Variação	Quadrado Médio	
	24 DAS	34 DAS
Cultivar (C)	1099,15 **	10931,84 **
% Reposição da ETc (RE)	424,64 --	4175,21 --
Fonte de nitrogênio (FN)	37,82 *	606,93 *
C*RE	17,55 ns	2521,53 **
C*FN	22,43 ns	469,06 *
RE*FN	7,02 ns	289,87 ns
C*RE*FN	9,01 ns	315,52 *
Resíduo ¹	10,34	141,08
Média geral	22,42	33,35
CV (%)	14,34	35,62

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ns Não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F. (--) Não se aplica o teste.

¹ Número de graus de liberdade para o resíduo: 150 (24 DAS) e 60 (34 DAS).

Apesar de possuírem porte semiereto, a cultivar BRS Tumucumaque apresentou maior altura em relação BRS Imponente aos 24 e 34 DAS (Tabela 7).

Tabela 7. Médias¹ da altura da planta (ALT, em cm) de duas cultivares de feijão-caupi aos 24 e 34 DAS. Teresina, PI, 2018

Cultivar	Média	
	24 DAS	34 DAS
BRS Imponente	15,95 b	22,32 b
BRS Tumucumaque	24,89 a	44,37 a
DMS	0,94	5,00

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

Aos 34 DAS, período que iniciou a floração para as duas cultivares, a BRS Tumucumaque encontrava-se com uma altura média de 44,37 cm, sendo 5,16% maior que o valor observado por Públio Júnior et al. (2017), quando avaliou as características

agronômicas dessa cultivar com outros genótipos de feijão-caupi no sudoeste da Bahia.

Durante a fase de crescimento inicial, aos 24 DAS, a inoculação com rizóbio apresentou a maior média de altura da planta, sendo 6,8% superior ao solo da mata, porém, não diferiu da adubação com 20 kg de N ha⁻¹ (Tabela 8). Segundo Santos et al. (2014), a inoculação com estirpe de *Bradyrhizobium* em feijão-caupi é suficiente para prover o nitrogênio de que a planta necessita para sua produção, respondendo por mais de 80% do incremento no desenvolvimento.

Tabela 8. Médias¹ da altura da planta (ALT, em cm), de duas cultivares de feijão-caupi em função das fontes de nitrogênio aos 24 DAS. Teresina, PI, 2018

Fonte de Nitrogênio	Média
Solo da mata	21,57 b
Adubação nitrogenada	22,53 ab
Inoculação	23,15 a
DMS	1,38

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

² Fontes de nitrogênio: S – solo da mata com 1,3% de M.O; N – adubação com 20 kg de N ha⁻¹; I – Inoculação com estirpe de rizóbio SEMIA 6462.

Observou-se interação entre cultivares com os níveis de reposição da ETc e fontes de nitrogênio (Tabela 9).

Tabela 9. Médias¹ da altura da planta (ALT, em cm) para a interação tripla das cultivares de feijão-caupi, níveis de reposição da ETc e fontes de nitrogênio (C x RE x FN) aos 34 DAS. Teresina, PI, 2018

% ETc	Cultivar	Média		
		S	N	I
100%	BRS Imponente	27,83 bA	27,50 bA	27,50 bA
	BRS Tumucumaque	56,66 aC	92,66 aB	119,00 aA
85%	BRS Imponente	23,50 aA	24,83 bA	23,30 bA
	BRS Tumucumaque	35,83 aA	58,53 aA	54,40 aA
70%	BRS Imponente	20,40 aA	20,33 aA	21,06 aA
	BRS Tumucumaque	35,56 aA	31,70 aA	26,66 aA
55%	BRS Imponente	18,50 aA	23,00 aA	21,73 aA
	BRS Tumucumaque	24,33 aA	30,00 aA	27,26 aA
40%	BRS Imponente	18,00 aA	18,70 aA	18,73 aA
	BRS Tumucumaque	21,50 aA	25,26 aA	26,16 aA
DMS _{Linha} = 23,31		DMS _{Coluna} = 19,39		

Médias com mesma letra minúscula na coluna, para cada nível de ETc, e maiúscula na linha não diferem entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey. ² S – solo da mata com 1,3% de M.O; N – adubação com 20 kg de N ha⁻¹; I – Inoculação com estirpe de rizóbio SEMIA 6462.

Quando comparados as fontes dentro de cada cultivar e de reposição da ETc, só houve diferença entre as FN combinados com a cultivar BRS Tumucumaque ao nível de reposição de água de 100%, sendo que o inoculante proporcionou um maior crescimento médio da planta.

Isso mostra que em condições ideais de água no solo os microrganismos colonizam com eficiência o sistema radicular da cultivar BRS Tumucumaque, podendo assim, estabelecer boa relação simbiótica e conseqüentemente favorecer a altura da planta.

Aos 24 DAS, os diferentes níveis de reposição de ETc, ajustaram-se melhor ao modelo de regressão linear, na qual constatou-se que o aumento do déficit hídrico, equivalente a redução na reposição do nível da ETc de 100 para 40%, provocou redução de 30,37% no ALT, que diminuiu de 26,90 para 18,73 cm. O coeficiente de determinação indica que o aumento do déficit hídrico explica 95% da redução verificada no ALT (Figura 5).

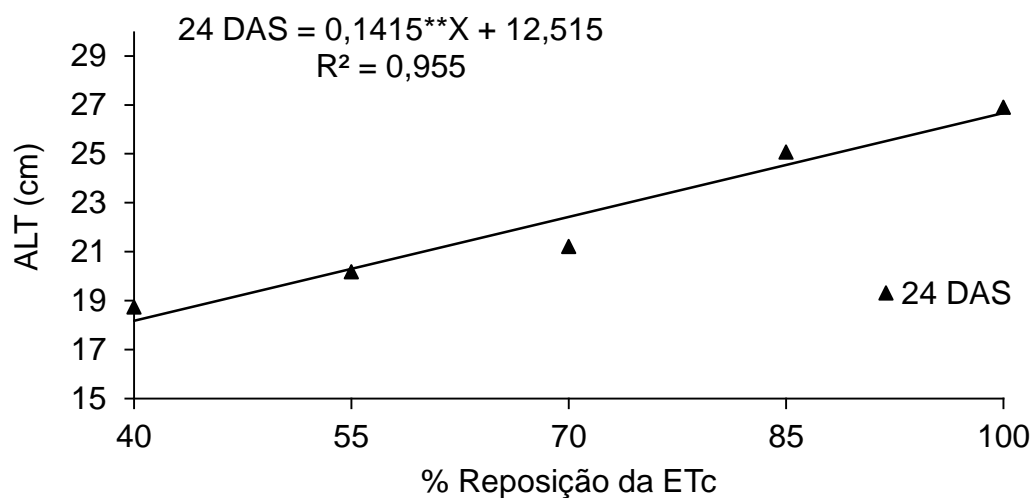


Figura 5. Altura da planta (ALT, em cm), aos 24 DAS, das cultivares de feijão-caupi em função dos cinco níveis de reposição da ETc. Teresina, PI, 2018

A média de altura das cultivares, considerando todos os níveis de ETc, foi de 22,41 cm, sendo 61,22% superior à encontrada por Gonçalves et al. (2017), quando avaliou feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação aos 24 DAS no município de Juazeiro-BA.

Aos 34 DAS, ALT do feijão-caupi apresentou resposta quadrática em função dos níveis de reposição da ETc, com redução de 72,8% na ALT quando comparadas os níveis de 100% (89,4 cm) e 40% (24,3 cm) da ETc (Figura 6). Entretanto, as reduções ocorreram em intensidades diferenciadas, sendo mais severas (64%) quando reduziu o nível da ETc de 100 para 70%, o que representa 89,2% da redução total, e mais branda (22%), quando comparadas os níveis de ETc de 70% a 40%. Também se constatou que, decréscimo de 15% na condição ideal, reposição de 100% ETc, promove uma redução de 44,56% na ALT.

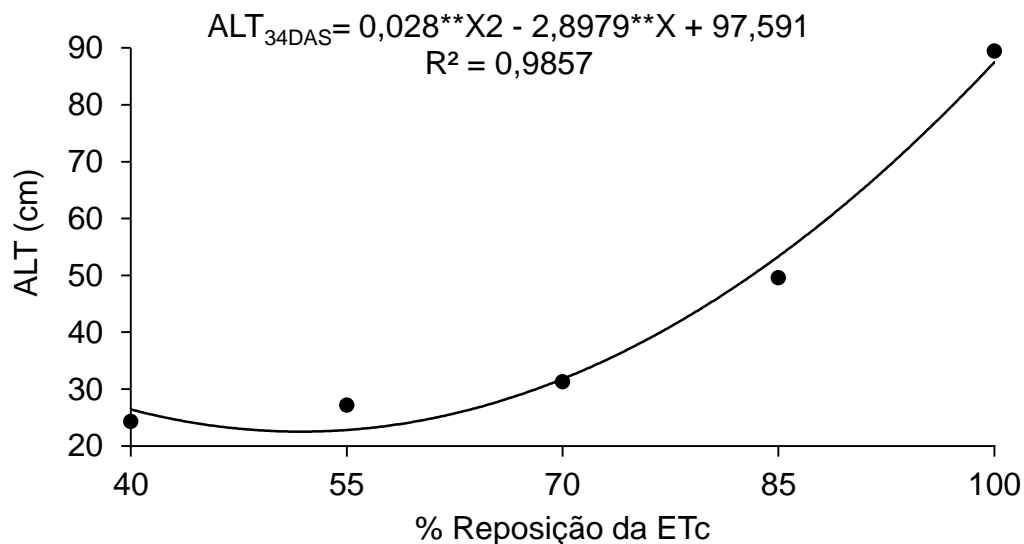


Figura 6. Altura da planta (ALT, em cm), aos 34 DAS, da cultivar BRS Tumucumaque em função dos cinco níveis de reposição da ETc. Teresina, PI, 2018

Leite e Virgens Filho (2004) afirmam que condições de déficits hídricos na cultura do feijão-caupi reduzem acentuadamente seu crescimento, evidenciando um período de repouso fisiológico, porém com capacidade de retomar suas atividades após o final do período estressado.

Locatelli et al. (2016), trabalhando com feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação e avaliando parâmetros de crescimento como altura de plantas, massa seca da parte aérea e o índice da área foliar, no cerrado roraimense, observaram um aumento das variáveis em função do aumento das lâminas de irrigação. Onde os mesmos autores obtiveram resultados médios de altura de planta de 52,76 cm, aproximadamente 18% superior ao encontrado no presente trabalho de 44,37 cm.

4.4 Número de Nós no Ramo Principal (NNRP)

Houve efeito significativo ($p < 0,01$) para o NNRP, para a interação Cultivar x RE e para RE x FN ($p < 0,05$) aos 34 DAS (Tabela 10). Entretanto aos 24 DAS houve efeito significativo ($p < 0,05$) apenas para interação Cultivar x FN, o que significa que no período de crescimento da planta o incremento de FN contribuiu satisfatoriamente para o desenvolvimento da cultivar e conseqüentemente influenciando a variável NNRP.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para o número de nó no ramo principal (NNRP) aos 24 e 34 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018

Fonte de Variação	Quadrado médio	
	24 DAS	34 DAS
Cultivar (C)	0,67 ^{ns}	16,04 ^{**}
% Reposição da ETc (RE)	40,09 ⁻⁻	50,08 ⁻⁻
Fonte de nitrogênio (FN)	0,27 ^{ns}	0,43 ^{ns}
C*RE	0,18 ^{ns}	1,40 ^{**}
C*FN	0,70 [*]	0,21 ^{ns}
RE*FN	0,13 ^{ns}	0,72 [*]
C*RE*FN	0,30 ^{ns}	0,61 ^{ns}
Resíduo ¹	0,23	0,30
Média geral	4,07	5,66
CV (%)	11,83	9,67

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

¹ Número de graus de liberdade para o resíduo: 150 (24 DAS) e 60 (34 DAS).

Quando comparado as cultivares dentro de cada FN, só houve diferença entre as cultivares no solo de mata, sendo a BRS Imponente a que obteve um maior NNRP (Tabela 11). No entanto, observa-se que a cultivar BRS Tumucumaque apresentou respostas diferenciadas com o uso das fontes nitrogenadas, sendo que a adubação nitrogenada proporcionou o maior valor de NNRP (4,13), cuja diferença foi de 7,26% em relação FN do solo da mata considerado a menor média.

Tabela 11. Médias¹ do número de nós no ramo principal (NNRP) de duas cultivares de feijão-caupi em função das fontes de nitrogênio (FN) aos 24 DAS. Teresina, PI, 2018

Cultivar	Média		
	Fonte de nitrogênio ²		
	S	N	I
BRS Imponente	4,16aA	4,03aA	4,20aA
BRS Tumucumaque	3,83bB	4,13aA	4,06aAB
DMS _{linha} = 0,29	DMS _{coluna} = 0,24		

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

²Fontes de nitrogênio: S – solo da mata com 1,3% de M.O; N – adubação com 20 kg de N ha⁻¹; I – Inoculação com estirpe de rizóbio SEMIA 6462.

Tagliaferre et al. (2013), estudando características agronômicas do feijão caupi inoculado e em função das doses de nitrogênio, em Vitória da Conquista-BA, observaram que a adubação nitrogenada proporcionou acréscimo significativo nos componentes de produção. Pereira Junior et al. (2015), em trabalho com doses crescente de nitrogênio na mesma cultura, em Sousa-PB, também constataram acréscimo.

Para NNRP aos 24 DAS, houve um decréscimo linear em função da diminuição do percentual de reposição da ETc, que ocasionou uma redução de 48,11%, quando comparada a reposição de 100% com 40% da ETc, as quais apresentaram médias de 5,3 e 2,7 NNRP, respectivamente (Figura 7). Quando ocorre a diminuição de NNRP a produção será influenciada negativamente, pois conforme Bezerra et al. (2008), esta variável relaciona-se diretamente com a quantidade de pontos para o desenvolvimento de gemas reprodutivas, implicando diretamente em baixas produtividades.

Segundo Umaharan et al. (1997), o NNRP tem correlação positiva com a produção da planta, pois quanto maior o número de nós, mais elevado é o número de ramos laterais, conseqüentemente maior produção de vagens e produtividade, sendo assim considerado um fator imprescindível para arquitetura e eficiência reprodutiva.

Silva et al. (2017), avaliando diferentes lâminas para o feijão comum em relação a ETc, na região agreste de Alagoas, inferiu que níveis de irrigação inferiores a 100% da ETc afetam negativamente o desenvolvimento de várias características, com maior intensidade no número de vagem. Oliveira et al. (2011), analisando a cultura do feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação, no cerrado de Roraima, também

constatarem redução dos componentes da produção nos tratamentos sob menor lâmina de água.

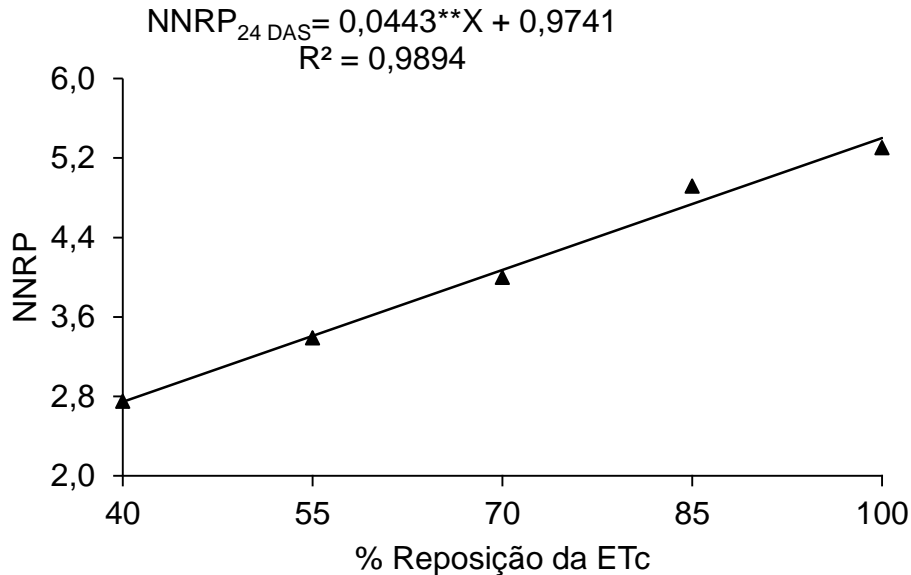


Figura 7. Número de nós no ramo principal (NNRP), aos 24 DAS, das cultivares de feijão-caupi em função dos cinco níveis de reposição da ETc. Teresina, PI, 2018

Aos 34 DAS, os efeitos dos diferentes níveis de reposição de ETc aplicados, através da análise de regressão, revelaram um ajuste linear ($P < 0,05$) para as cultivares de feijão-caupi (Figura 8). Percebe-se que a variável NNRP aumentou gradativamente com o incremento dos níveis de ETc. A BRS Tumucumaque aumentou de 3,77 NNRP (40% de reposição de ETc) para 8,77 NNRP, (maior ETc), ou seja, um aumento de 132%. A cultivar BRS Imponente aumentou de 3,55 NNRP (menor ETc) para 7,11 NNRP (maior ETc), correspondendo a um aumento de 100%. Comparando-se o desempenho das duas cultivares no nível de 100% da reposição da ETc, observa-se que a BRS Tumucumaque apresentou o NNRP 23% superior a BRS Imponente. No entanto, comparadas ao nível de 40% de reposição da ETc a BRS Tumucumaque apresentou o NNRP apenas 6% superior à BRS Imponente, mostrando que essa cultivar mantém um NNRP superior a BRS Imponente até o déficit hídrico de 60%, equivalente ao menor nível de reposição da ETc.

Andrade Júnior et al. (2014), estudando diversas lâminas de irrigação na cultura do feijão-caupi, nas condições de solo e clima do município de Bom Jesus-PI,

observaram que o desenvolvimento da BRS Tumucumaque foi reduzido em consequência da diminuição da lâmina aplicada e do tempo exposto ao déficit hídrico.

Os NNRP obtidos com os níveis 40% até 70% da ETc para a BRS Imponente foram inferiores aos obtidos por Meira et al. (2017), quando analisaram o crescimento de quatro cultivares de feijão-caupi, BRS Pujante, BRS Guariba, BRS Marataoã e BRS Xique-xique, sob condições de estresse hídrico severo (20% da ETc), encontrando valores entre 5,0 a 5,4.

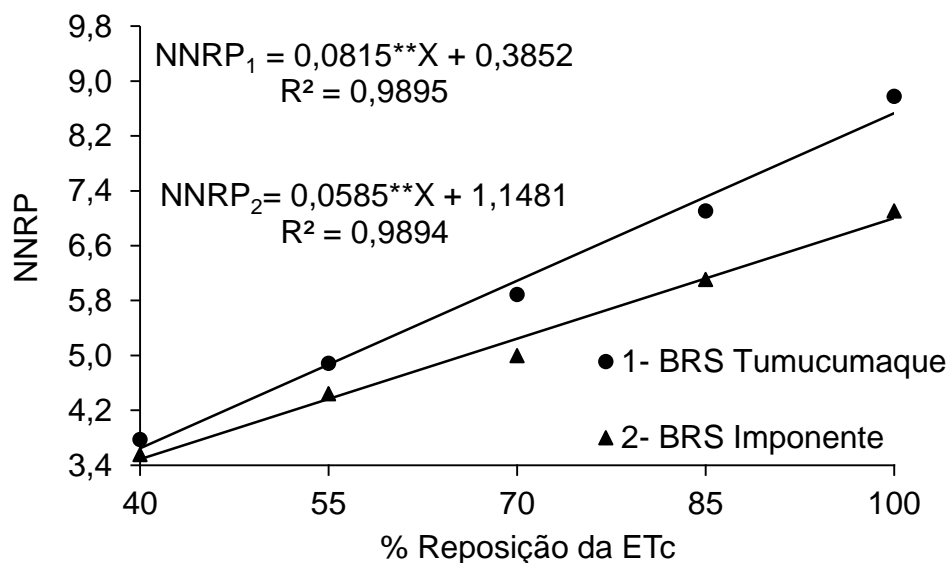


Figura 8. Número de nós no ramo principal (NNRP) aos 34 DAS da BRS Tumucumaque e BRS Imponente em função dos cinco níveis de reposição da ETc. Teresina, PI, 2018

Aos 34 DAS, as três fontes de nitrogênio apresentaram efeitos lineares para NNRP em resposta aos diferentes níveis de reposição da ETc (Figura 9), indicando que as fontes de nitrogênio associados ao aumento da reposições dos níveis de ETc influenciam positivamente no aumento do NNRP. Isso se deve ao fato da água ser imprescindível para o ciclo de vida dos microrganismos, mantendo a atividade microbiana e influenciando no dinamismo da absorção dos nutrientes pela raiz, além disso, a água é precursora no processo de absorção de N, sendo o principal solvente para o transporte dos nutrientes, pois os íons dissolvidos em água formam solução no solo com nitrato (NO_3^-) e/ou amônio (NH_4^+), e na ausência dela a translocação de nutrientes ficará comprometida (TAIZ; ZEIGER, 2017).

O inoculante associado aos níveis de 85% e 100% da ETc, promoveram os maiores NNRP, sendo de 2% e 11%, respectivamente, superior a adubação com 20 kg de N ha⁻¹. Entretanto, comparado a adubação nitrogenada com o solo de mata, observa-se semelhança em todos os níveis, exceto no nível de 85% de reposição da ETc que superou em 7,5% o solo da mata (Figura 9).

Gonçalves et al. (2017), em trabalho com feijão-caupi inoculado e submetido a diferentes lâminas de irrigação, no semiárido de Juazeiro-BA, afirmam que a redução na reposição de ETc promove efeitos negativos sobre o crescimento da cultura.

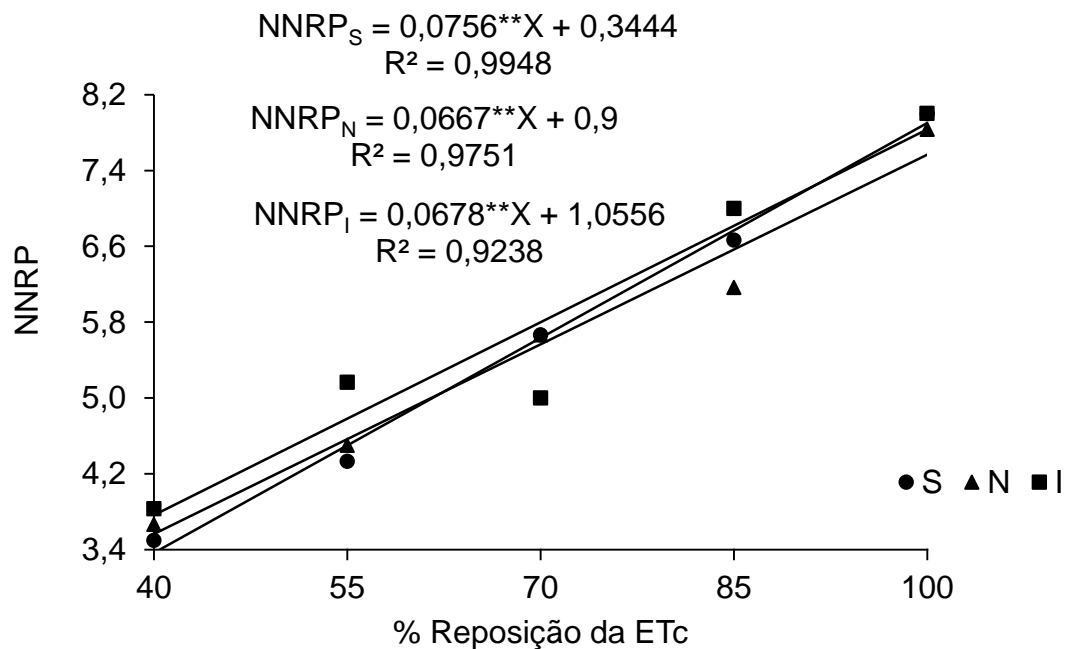


Figura 9. Número de nós no ramo principal (NNRP) das cultivares de feijão-caupi, aos 34 DAS em função das fontes de nitrogênio (S – solo da mata com 1,3% de M.O; N – adubação com 20 kg de N ha⁻¹; I – Inoculação com estirpe de rizóbio SEMIA 6462) e dos cinco níveis de reposição de ETc. Teresina, PI, 2018

4.5 Número de folhas por planta (NFP)

Houve interação significativa entre as cultivares e níveis de reposição da ETc para o NFP aos 24 ($p < 0,01$) e 34 ($p < 0,05$) DAS, indicando que o número de folha das cultivares são influenciados diferentemente pelos níveis de reposição da ETc (Tabela 12).

Tabela 12. Resumo da análise de variância para o número de folhas por planta (NFP) aos 24 e 34 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi, submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018

Fonte de Variação	Quadrado Médio	
	24 DAS	34 DAS
Cultivar (C)	4,35 **	12,10 *
% Reposição da ETc (RE)	34,48 --	80,96 --
Fonte de nitrogênio (FN)	0,23 ^{ns}	0,07 ^{ns}
C*RE	1,11 **	2,96 *
C*FN	0,13 ^{ns}	0,23 ^{ns}
RE*FN	0,21 ^{ns}	0,28 ^{ns}
C*RE*FN	0,34 ^{ns}	0,71 ^{ns}
Resíduo ¹	0,27	1,18
Média geral	3,45	5,18
CV (%)	15,07	21,01

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F. (--) Não se aplica o teste.¹ Número de graus de liberdade para o resíduo: 150 (24 DAS) e 60 (34 DAS).

Houve efeito linear da ETc no NFP da BRS Tumucumaque aos 24 e 34 DAS, e para a BRS Imponente, os ajustes foram linear, aos 24 DAS, e quadrático, aos 34 DAS. No período de 24 DAS, as reduções no número de folhas em função do déficit hídrico foram 56,9% e 48,0%, respectivamente, para a BRS Imponente e BRS Tumucumaque quando comparados os níveis de reposição de 100% e 40% da ETc. No mesmo período, observou-se superioridade no NFP da BRS Imponente em relação a BRS Tumucumaque a partir dos níveis de 55% da ETc, sendo que no nível de 100% a variação no NFP entre as cultivares foi maior (17,24%), a qual representou em média 0,89, aproximadamente uma folha (Figura 10A).

Para a BRS Tumucumaque, aos 34 DAS, verificou-se redução de 61,3% quando comparadas os níveis de 100% e 40% da ETc, as quais apresentaram em média 7,44 e 2,88 NFP, respectivamente (Figura 10B). Nesta mesma época, constatou-se um decréscimo de 48,9% e 67,4% no número de folhas por planta da BRS Imponente, respectivamente, para os níveis de reposição de 70% e 40% da ETc, quando comparados com o nível máximo de reposição (100% da ETc), sendo que 72,5% da redução total ocorreu quando aplicou um déficit hídrico de 30% na ETc, equivalente ao nível de reposição de 70%.

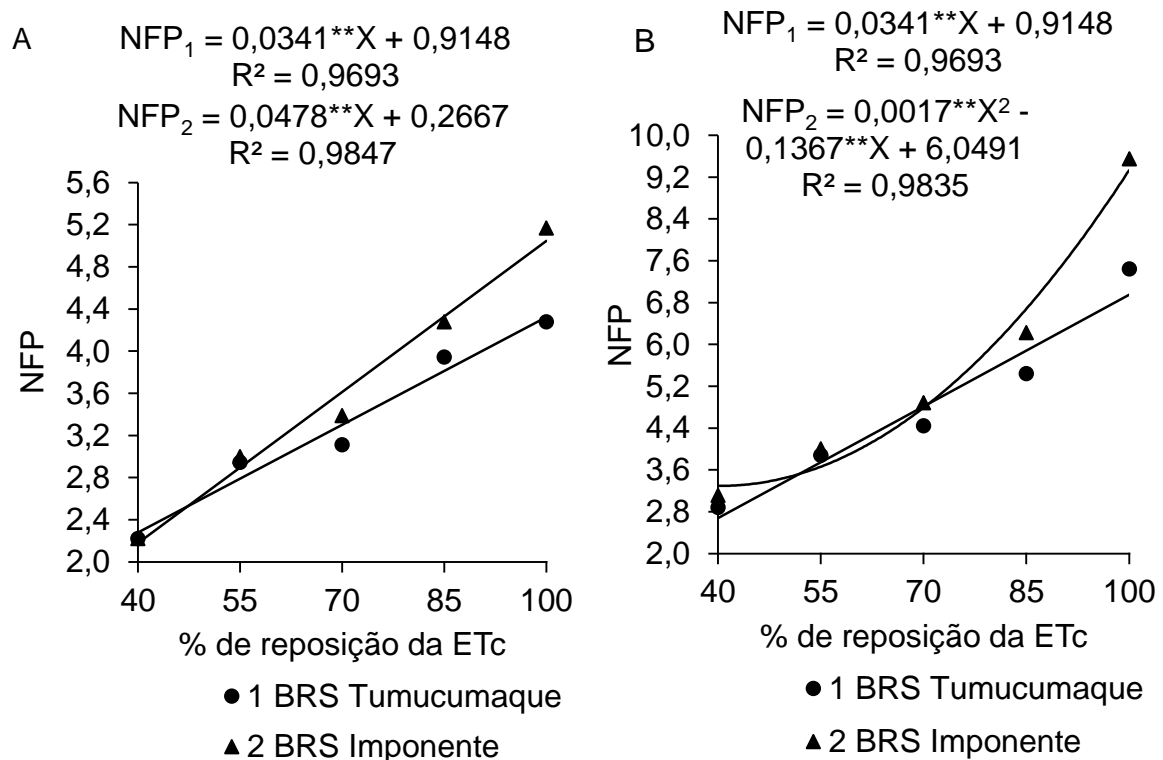


Figura 10. Número de folhas por planta (NFP) das cultivares BRS Tumucumaque e BRS Imponente em função dos cinco níveis de reposição de ETc, aos 24 (A) e 34 (B) DAS. Teresina, PI, 2018

Também, pode-se observar que no intervalo de 24 a 34 DAS, as cultivares submetidas a reposição de ETc 40% e 50% obtiveram valores de NFP aquém do normal, e conforme Coelho et al. (2013) a limitação da água disponível à planta ocasiona alterações nas estruturas morfológicas e anatômicas, comprometendo o processo de absorção e translocação de água, conseqüentemente interferindo na síntese de novas folhas.

Portanto, o melhor estado hídrico para a planta é aquele que esteja em equilíbrio entre os processos fisiológicos na eficiência de uso e perda da água para a atmosfera (GUIMARÃES et al., 2011).

De acordo com Nascimento et al. (2004), a ocorrência de estresse hídrico provoca redução no NFP de aproximadamente 11%; 23% e 35%, para os níveis de 80%; 60% e 40% da água disponível, quando comparados à testemunha, sendo que o nível de 40%, o efeito redutivo expressa maior magnitude.

4.6 Índice relativo de clorofila (IRC)

Houve diferença significativa ($p < 0,01$) entre a BRS Tumucumaque e BRS Imponente, aos 24 DAS (Tabela 13). Também constatou efeito significativo para FN ($p < 0,05$) e para interação entre cultivar e os níveis de reposição da ETc ($p < 0,01$). Aos 34 DAS, houve efeito significativo ($p < 0,01$) apenas para as cultivares.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para o índice relativo de clorofila (IRC, em %) aos 24 e 34 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018

Fonte de Variação	Quadrado Médio	
	24 DAS	34 DAS
Cultivar (C)	89,83**	379,25**
% Reposição da ETc (RE)	3,22 ⁻⁻	72,21 ⁻⁻
Fonte de nitrogênio (FN)	36,80*	20,09 ^{ns}
C*RE	50,92**	58,70 ^{ns}
C*FN	1,76 ^{ns}	11,06 ^{ns}
RE*FN	5,89 ^{ns}	12,94 ^{ns}
C*RE*FN	12,38 ^{ns}	11,27 ^{ns}
Resíduo ¹	10,20	30,11
Média geral	62,45	72,03
CV (%)	5,12	7,62

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

¹ Número de graus de liberdade para o resíduo: 150 (24 DAS) e 60 (34 DAS).

Observou-se que a fonte N e I não diferem entre si, porém a adubação com 20 kg de N ha⁻¹ foi estatisticamente superior ao solo da mata, na qual apresentou o maior IRC de 63,21 (Tabela 14). Esta superioridade pode ter sido influenciada pela rapidez no processo de disponibilização, absorção, translocação e locação do nitrogênio mineral para as partes da planta, contribuindo para o aumento do teor de clorofila nas folhas.

Araújo et al. (2010), ao avaliarem os teores de clorofila do feijão-caupi, observaram que os maiores valores IRC estão diretamente associados ao fornecimento de N pela fertilização mineral, seguido da inoculação. Porém, Brito et al. (2011), afirmam que a fixação simbiótica de nitrogênio fornece maior parte do N acumulado as plantas de feijão-caupi.

Silva, E. et al., (2010), estudando fixação biológica do N² em feijão-caupi (BRS Paraguaçu), cultivado em sacos com Neossolo Flúvico, em Teresina-PI, observaram

que a FBN influenciou o teor de N nas folhas, contribuindo para o aumento do índice de clorofila.

A não significância entre os tratamentos solo de mata e inoculação pode ser justificado, possivelmente, pela ocorrência de estirpes nativas no solo, que podem ter competido com a estirpe inoculada e reduzido a eficiência desta, pois segundo Pereira et al. (1991), há competição das estirpes de rizóbio por sítios de nódulos formados e, que geralmente ocorre entre as estirpes de inoculante comercial e as presentes no solo.

Tabela 14. Médias¹ do índice relativo de clorofila total (IRC, em %), das cultivares de feijão-caupi em função das fontes de nitrogênio aos 24 DAS. Teresina, PI, 2018

Fonte de Nitrogênio²	Média
Solo da mata (S)	61,65 b
Adubação nitrogenada (N)	63,21 a
Inoculação (I)	62,47 ab
DMS	1,38

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

² Fontes de nitrogênio: S – solo da mata com 1,3% de M.O; N – adubação com 20 kg de N ha⁻¹; I – Inoculação com estirpe de rizóbio SEMIA 6462.

Observa-se diferença no IRC de 5,54% entre as cultivares (Tabela 15), o que demonstra uma maior concentração de clorofila nas folhas da cultivar BRS Imponente. Lee (1988), afirma que a diferença no teor de clorofila entre genótipos de mesma espécie é existente, podendo ser influenciada por diversos fatores genéticos ou climáticos.

Tabela 15. Médias¹ do índice relativo de clorofila total (IRC, em %), de duas cultivares de feijão-caupi aos 34 DAS. Teresina, PI, 2018

Cultivar	Média
BRS Imponente	74,09 a
BRS Tumucumaque	69,98 b
DMS	2,31

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

Segundo Engel e Poggiani (1991), os teores de clorofila influenciam na eficiência fotossintética, podendo afetar o crescimento e desenvolvimento da cultivar, além de interferir na adaptabilidade da mesma sob condições adversas. Com isso, a BRS Imponente tem mais condições de produzir carboidratos e se manter mais

desenvolvida, pois segundo Taiz e Zeiger (2017), as moléculas de clorofila têm a capacidade de transformar a energia luminosa em energia química, por meio do processo de fotossíntese.

Aos 24 DAS observou comportamento linear para as cultivares, com acréscimo médio no IRC para a BRS Tumucumaque e BRS Imponente de 4,2%, quando comparado o menor com o maior nível de reposição da ETc (Figura 11A).

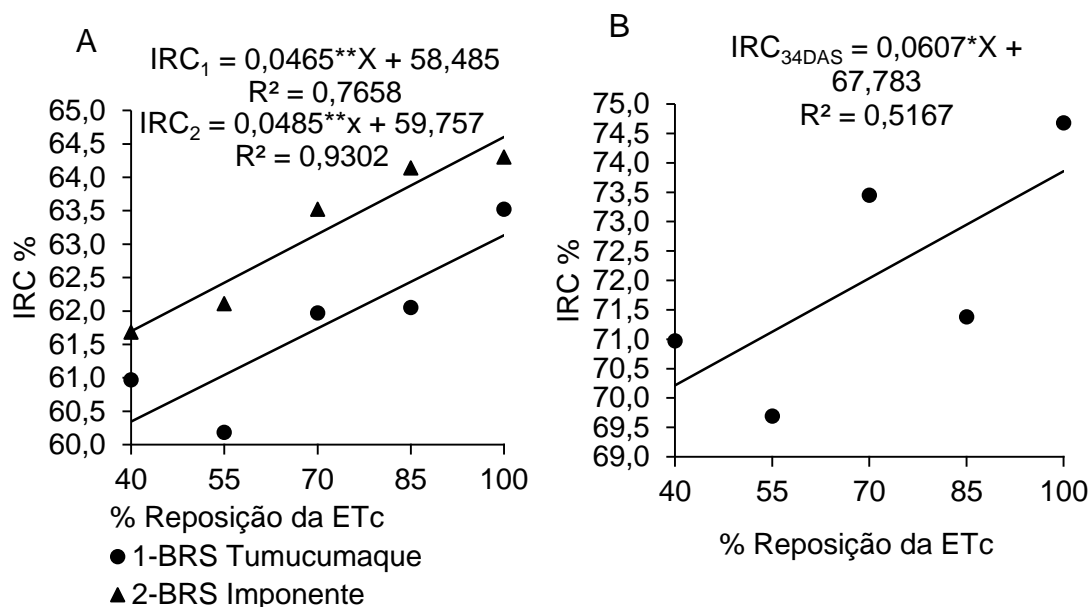


Figura 11. Índice relativo de clorofila (IRC, em %), das cultivares BRS Tumucumaque e BRS Imponente aos 24 DAS (A) e fator cultivar aos 34 DAS (B) em função dos cinco níveis de reposição de ETc. Teresina, PI, 2018

As folhas são sítios produtores da fotossíntese, sendo os demais órgãos da planta dependentes da exportação do material fotoassimilado, porém todo sistema é prejudicado com o déficit hídrico, provocando distúrbios fisiológicos comprometendo assim a exportação do material para as demais partes da planta, contribuindo para os decréscimos nos teores de clorofila (LEITE et al., 1999).

Bastos et al. (2012), avaliando os parâmetros fisiológicos de duas cultivares de feijão-caupi sob déficit hídrico, obteve o IRC de 66 e 82, aos 44 DAS com aplicação de 125% da ETc. No entanto quando aplicou um nível de 25% da ETc, houve uma redução média de 13,8% e 18,8%. Resultados semelhantes foram obtidos por Bastos et al. (2011), quando estudou a identificação de feijão-caupi tolerantes a seca, sob um déficit hídrico de 50% da lâmina requerida, em Teresina-PI, verificaram uma redução

média de 19% no IRC, em 20 genótipos de feijão-caupi avaliados no município de Teresina, PI.

4.7 Matéria seca da parte aérea (MSPA)

Quanto à matéria seca da parte aérea, observa-se efeito significativo ($p < 0,01$) entre as cultivares aos 25 DAS. Contudo, não havendo significância ($p > 0,05$) para os demais fatores analisados aos 25 e 35 DAS (Tabela 16).

Tabela 16. Resumo da análise de variância para matéria seca da parte aérea (MSPA, em g planta⁻¹) aos 25 e 35 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018

Fonte de Variação	Quadrado Médio	
	25 DAS	35 DAS
Cultivar (C)	2,42**	2,50 ^{ns}
% Reposição da ETc (RE)	6,09 ⁻⁻	156,70 ⁻⁻
Fonte de nitrogênio (FN)	0,17 ^{ns}	2,22 ^{ns}
C*RE	0,06 ^{ns}	0,39 ^{ns}
C*FN	0,10 ^{ns}	0,30 ^{ns}
RE*FN	0,09 ^{ns}	0,20 ^{ns}
C*RE*FN	0,21 ^{ns}	0,24 ^{ns}
Resíduo ¹	0,13	1,05
Média geral	3,12	7,89
CV (%)	11,63	13,01

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

¹Número de graus de liberdade para o resíduo: 60 (35 DAS e 25 DAS).

Aos 25 DAS a cultivar BRS Imponente apresentou valor médio de 3,28 g planta⁻¹ de MSPA, sendo superior em 10% à cultivar BRS Tumucumaque (Tabela 17). Este maior acúmulo de biomassa seca favorece as atividades fisiológicas, estimulando maior desenvolvimento do caule e folhas.

Tabela 17. Médias¹ da matéria seca da parte aérea (MSPA, em g planta⁻¹), de duas cultivares de feijão-caupi aos 25 DAS. Teresina, PI, 2018

Cultivar	Média
BRS Imponente	3,28 a
BRS Tumucumaque	2,95 b
DMS	0,15

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

Aos 25 DAS, a análise de regressão revelou para MSPA efeitos quadrático do nível de reposição de ETc e apresentou um $R^2=0,939$. Na qual a MSPA apresentou valor máximo de 3,88 g com aplicação do nível de reposição de 96,1% da ETc. Ao comparar o valor máximo de MSPA com os níveis de 85% e 40% da ETc, observa-se uma redução na variável de 2,8% e 40%, respectivamente (Figura 12).

Aos 35 DAS, verificou-se um modelo de regressão linear, com aumento crescente de 173% na MSPA, quando comparado ao nível de 40% e 100% da ETc. Logo, pode-se observar que a cada 1% de acréscimo na ETc há um aumento de 0,12 g na MSPA. Nos dois períodos avaliados, houve uma diferença do comportamento dentro de cada nível, onde a maior diferença foi constatada no nível 100% da ETc, demonstrando que no intervalo de dez dias, em condições ótimas, houve um incremento médio de 235% na MSPA.

A diminuição gradativa de água no solo afetou negativamente a alocação de nutrientes e a síntese de células promotoras de crescimento da planta de feijão-caupi, interferindo assim no acúmulo de MSPA.

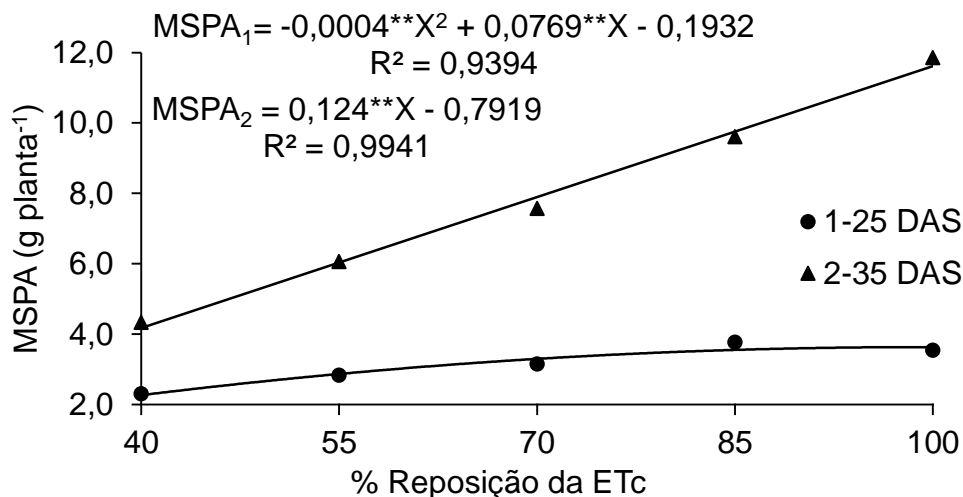


Figura 12. Matéria seca da parte aérea (MSPA, em g planta⁻¹), aos 25 e 35 DAS, das cultivares de feijão-caupi em função dos cinco níveis de reposição da ETc. Teresina, PI, 2018

Freitas et al. (2014), avaliando o crescimento do feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional, em Mossoró-RN, verificaram que após estresse, aos 36 DAS, o crescimento da biomassa seca das folhas e caules foram bastante reduzidos.

Oliveira et al. (2011), trabalhando com diferentes lâminas de água e doses de fósforo no feijão-caupi, em latossolo amarelo distrófico do cerrado roraimense, observaram que independente da quantidade de P aplicado a redução na MSPA ocorre em função do decréscimo dos níveis de água aplicado. Também, observaram que as diferentes lâminas com a dose 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅, apresentaram uma regressão linear, entretanto, quando reduziu 31,5% da lamina máxima de irrigação, observou-se um decréscimo de 52% na MSPA.

4.8 Matéria Seca da Raiz (MSR)

Houve diferença significativa ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) entre as cultivares BRS Imponente e BRS Tumucumaque aos 25 e 35 DAS e, para interação entre cultivares e reposição de ETc, aos 25 DAS (Tabela 18).

Tabela 18. Resumo da análise de variância para matéria seca da raiz (MSR, em g planta⁻¹) aos 25 e 35 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018

Fonte de Variação	Quadrado Médio	
	25 DAS	35 DAS
Cultivar (C)	7,69**	5,95 *
% Reposição da ETc (RE)	7,10 --	61,47 --
Fonte de nitrogênio (FN)	0,09 ^{ns}	2,39 ^{ns}
C*RE	1,02 *	0,22 ^{ns}
C*FN	0,75 ^{ns}	1,02 ^{ns}
RE*FN	0,27 ^{ns}	0,91 ^{ns}
C*RE*FN	0,10 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Resíduo ¹	0,28	1,44
Média geral	2,01	4,27
CV (%)	26,66	28,13

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F; (--) Não se aplica o teste. ¹Número de graus de liberdade para o resíduo: 60 (35 DAS e 25 DAS).

A BRS Imponente apresentou média superior a BRS Tumucumaque, aos 35 DAS, cuja diferença foi de 11,47% na MRS aos 35 DAS. Possivelmente houve maior influência do potencial genético da BRS Imponente para esta variável, proporcionando maior capacidade em armazenar nutrientes e fotoassimilados nos seus órgãos, contribuindo assim para maior desenvolvimento do sistema radicular (Tabela 19).

Tabela 19. Médias¹ da matéria seca da raiz (MSR, em g planta⁻¹), de duas cultivares de feijão-caupi aos 35 DAS. Teresina, PI, 2018

Cultivar	Média
BRS Imponente	4,53 a
BRS Tumucumaque	4,01 b
DMS	0,50

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

Batista (2015), analisando a matéria seca de raízes da BRS Tumucumaque quando submetido à inoculação com rizóbio, aos 40 DAS, encontrou um valor médio de 1,63 g, sendo 59,31% a menos do que o encontrado neste trabalho para a mesma cultivar.

A MSR da BRS Imponente, aos 25 DAS, apresentou resposta quadrática ($p < 0,01$) em função dos níveis de reposição de ETc com $R^2 = 0,868$ (Figura 13). Onde o valor máximo de MSR foi de 3,06 g obtido com o nível de reposição de 72% da ETc. Este maior acúmulo pode ser justificado pela habilidade do feijão-caupi na adaptação a situações de baixa disponibilidade hídrica, pois segundo Santos e Carlesso (1998) o déficit hídrico estimula a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas e úmidas do perfil do solo, possibilitando às plantas, explorar melhor a umidade e a fertilidade do solo.

Porém, quando reduziu o nível de reposição para 40% da ETc, observou um decréscimo significativo de 51% da MSR. Segundo Pimentel e Rossiello (1995), a redução do potencial hídrico do solo causa um aumento na concentração de ácido abscísico (ABA) no xilema, provavelmente produzido na coifa das raízes, levando ao fechamento estomático e à diminuição da expansão celular, interferindo em maior acúmulo de biomassa da raiz.

O nível de reposição de 100% da ETc, a cultivar BRS Imponente apresentou uma produção de biomassa seca da raiz de 1,63 g, sendo 53% inferior ao valor máximo de MSR com 72% da ETc. Fato que na ausência de déficit hídrico não houve expansão do sistema radicular, mas sim da parte aérea da planta.

Demonstrando que em condições favoráveis de cultivo este genótipo otimiza a utilização de carboidratos, e com eficiência redistribui para o desenvolvimento da biomassa da haste e folhas.

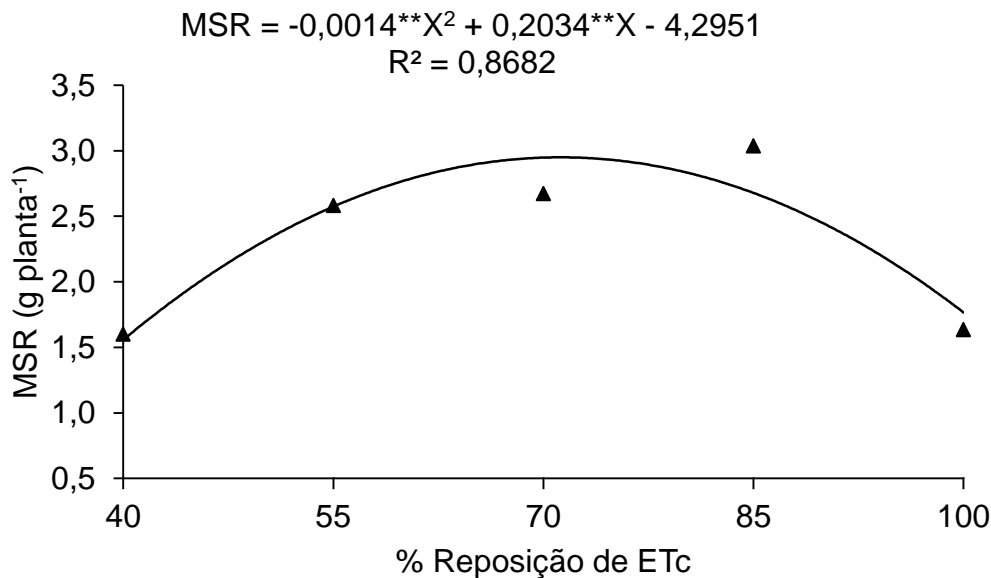


Figura 13. Matéria seca da raiz (MSR, em g) da cultivar BRS Imponente em função dos cinco níveis de reposição de ETC, aos 25 DAS. Teresina, PI, 2018

Não houve ajuste para a MSR aos 25 DAS para a cultivar BRS Tumucumaque. Porém, aos 35 DAS houve ajuste linear para as cultivares em relação aos níveis de reposição da ETC, indicando tendência de crescimento com aumento da ETC (Figura 14). Quando os níveis de ETC foram comparados dentro do intervalo (40% e 100%), obteve-se acréscimo de 256% na MSR, no entanto quando analisou sobre condições de pouco estresse, 85% a 100% da ETC, a diferença foi de 1,58%, demonstrando que tal condição é influenciada de acordo com o nível imposto, sendo que nas condições de estresse severo, a cultivar tem pouco incremento da MRS.

De acordo Fontes et al. (2005), a alocação e síntese dos carboidratos para os diferentes órgãos da planta dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados. No entanto, alguns fatores como condições ambientais adversas influenciam nos processos fisiológicos, podendo controlar ou interferir a relação fonte/dreno de assimilados (PEIXOTO et al. 2014), reduzindo assim, a biomassa final.

Alves et al. (2014) e Brito et al. (2015), analisando o feijão-caupi irrigado com água salina, observaram que os tratamento em que receberam a irrigação plena e sem estresse salino, proporcionaram os maiores acúmulos de MSR, onde os valores médios foram de 6,10 e 6,37 g, demonstrando que quando cultivado em condições favoráveis, a cultura desenvolve bem o sistema radicular.

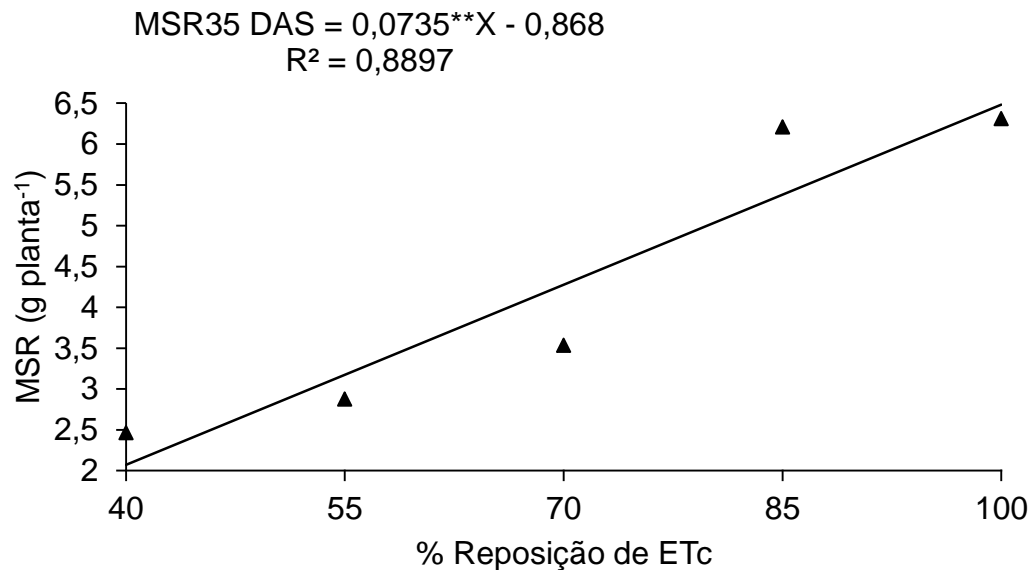


Figura 14. Matéria seca da raiz das cultivares em função dos cinco níveis de reposição de ETc, aos 35 DAS. Teresina, PI, 2018

4.9 Matéria Seca Total da Planta (MST)

Houve efeito significativo ($p < 0,01$) para as cultivares aos 25 e 35 DAS, e para FN aos 35 DAS (Tabela 20). Porém, a interação foi significativa para cultivar e níveis de reposição de ETc, aos 25 DAS.

Tabela 20. Resumo da análise de variância para matéria seca total (MST, em g planta⁻¹) aos 25 e 35 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018

Fonte de Variação	Quadrado Médio	
	25 DAS	35 DAS
Cultivar (C)	18,76 **	16,17 **
% Reposição da ETc (RE)	19,07 --	403,95 --
Fonte de nitrogênio (FN)	0,46 ^{ns}	9,05 **
C*RE	1,00 *	0,40 ^{ns}
C*FN	0,35 ^{ns}	0,60 ^{ns}
RE*FN	0,42 ^{ns}	1,51 ^{ns}
C*RE*FN	0,51 ^{ns}	0,40 ^{ns}
Resíduo ¹	0,34	1,79
Média geral	5,13	12,16
CV (%)	11,39	11,01

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

¹Número de graus de liberdade para o resíduo: 60 (35 DAS e 25 DAS).

Aos 35 DAS, observou-se que a MST da BRS Imponente foi superior a BRS Tumucumaque, onde a diferença entre elas foi de 6,75% (Tabela 21). Podendo observar que a BRS Imponente manteve-se superior em todas as variáveis de biomassa, inferindo que esta cultivar provavelmente apresenta uma melhor eficiência de assimilação de carboidratos.

Tabela 21. Médias¹ da matéria seca total da planta (MST, em g planta⁻¹), de duas cultivares de feijão-caupi aos 35 DAS. Teresina, PI, 2018

Cultivar	Média
BRS Imponente	12,59 a
BRS Tumucumaque	11,74 b
DMS	0,56

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

Observou-se que a MST da fonte N e I não diferem entre si, sendo que o N foi superior estatisticamente ao solo de mata, aos 35 DAS (Tabela 22). As plantas submetidas a adubação nitrogenada apresentaram média superior de MST em relação às plantas submetidas às demais formas de fornecimento de N, representando diferença de 8,65% e 4,32%, respectivamente, solo de mata e inoculante, o que mostra o efeito da adubação no desenvolvimento da biomassa da planta. Também observou semelhança nos valores de MST para o inoculante e o solo da mata, e segundo Freitas et al. (2012) as estirpes nativas de rizóbios do solo são muitos competitivas, podendo influenciar na eficiência simbiótica das estirpes de inoculantes.

Tabela 22. Médias¹ da matéria seca total (MST, em g planta⁻¹), das cultivares de feijão-caupi em função das fontes de nitrogênio aos 35 DAS. Teresina, PI, 2018

Fonte de Nitrogênio²	Média
Solo da mata (S)	11,61 b
Adubação nitrogenada (N)	12,71 a
Inoculação (I)	12,16 ab
DMS	0,83

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

² Fontes de nitrogênio: S – solo da mata com 1,3% de M.O; N – adubação com 20 kg de N ha⁻¹; I – Inoculação com estirpe de rizóbio SEMIA 6462.

Brito et al. (2011), observaram em seus estudos que as doses de N influenciam a matéria seca do feijão-caupi, ressaltam ainda que a menor dose, 5,3 kg ha⁻¹ de N, confirmam a potencialidade de que a associação do caupi com o rizóbio pode

substituir totalmente a adubação nitrogenada mineral e que, havendo condições de solo e da planta para a plena simbiose, é dispensável inclusive a adubação de arranque (semeadura).

Para o parâmetro MST, o efeito médio dos níveis de reposição de ETc ajustou-se a uma função quadrática para ambas cultivares aos 25 DAS, constatando-se influência dos níveis de ETc sobre o rendimento da MST, cujos menores valores foram obtidos com os níveis de 40% e 55% da ETc (Figura 15).

Os valores máximos da MST foi de 5,53 e 6,56 g planta⁻¹ com a aplicação dos níveis de ETc de 80,84% e 78,08%, para a cultivar BRS Tumucumaque e BRS Imponente, respectivamente. Entretanto, os níveis de reposição de 40% e 55% da ETc apresentaram os menores acúmulos de MST de 3,65 e 4,14 g planta⁻¹ para BRS Tumucumaque e 4,15 e 5,56 g planta⁻¹ para BRS Imponente, respectivamente, quando comparado aos valores máximos da MST.

Comparando-se o desempenho das duas cultivares, pode-se observar comportamento semelhante, no entanto, a cultivar BRS Imponente apresentou melhor desempenho do que a cultivar BRS Tumucumaque. Nota-se que a média de MST da BRS Imponente nos níveis de reposição de 100% e 40% da ETc foram superiores em 19,40% e 12,04% respectivamente, quando comparadas com os mesmos níveis da BRS Tumucumaque.

Fato que, a diminuição intermitente dos níveis de reposição de ETc afetou negativamente a alocação de biomassa em todos os órgãos da planta de feijão-caupi, sendo atribuído principalmente pelo fechamento dos estômatos, diminuição da capacidade fotossintética e menor produção de carboidratos (Taiz e Zeiger, 2017).

Bastos et al. (2002) e Andrade Júnior (2005) avaliando as características morfológicas do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos no município de Teresina-PI, observaram que o efeito das laminas influenciaram no acúmulo da matéria seca total.

Andrade Júnior et al. (2014), avaliando variáveis de crescimento do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos, relataram que no município de Bom Jesus-PI, a BRS Tumucumaque produziu 17,09% a mais de matéria seca total que a cultivar BRS Aracê com a aplicação de uma lâmina de irrigação de 401,9mm.

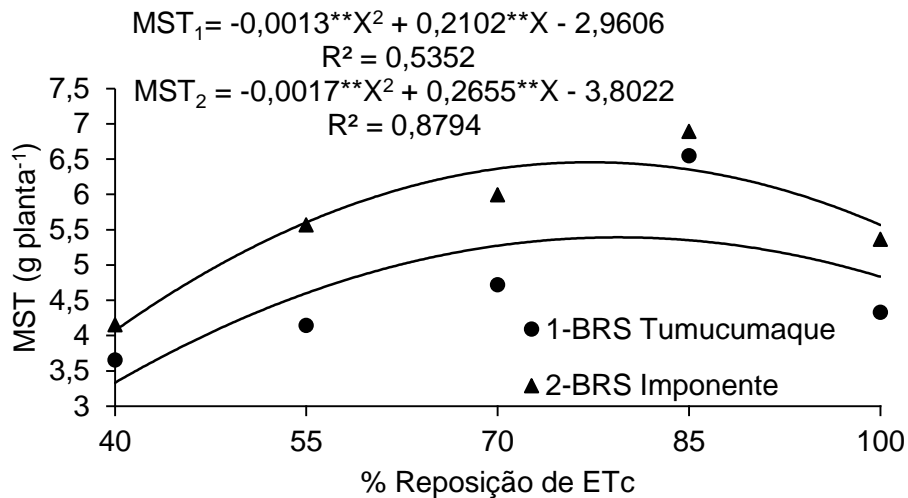


Figura 15. Matéria seca total (MST, em g planta⁻¹) da cultivar BRS Tumucumaque e BRS Imponente em função dos cinco níveis de reposição de ETc, aos 25 DAS. Teresina, PI, 2018

Aos 35 DAS, a MST do feijão-caupi apresentou decréscimos lineares em função dos níveis de reposição de ETc ($p < 0,01$) com $R^2 = 0,978$ e redução de 62,61% quando comparado às reposições de 100% e 40% da ETc, as quais apresentaram em média 18,16 e 6,79 g planta⁻¹, respectivamente (Figura 16).

O déficit hídrico estimula oscilação cíclica dos estômatos, reduz o conteúdo de água na folha e aumenta a taxa de transpiração, reduzindo assim a produção de biomassa total da planta de feijão-caupi (LEITE e VIRGENS FILHO, 2004).

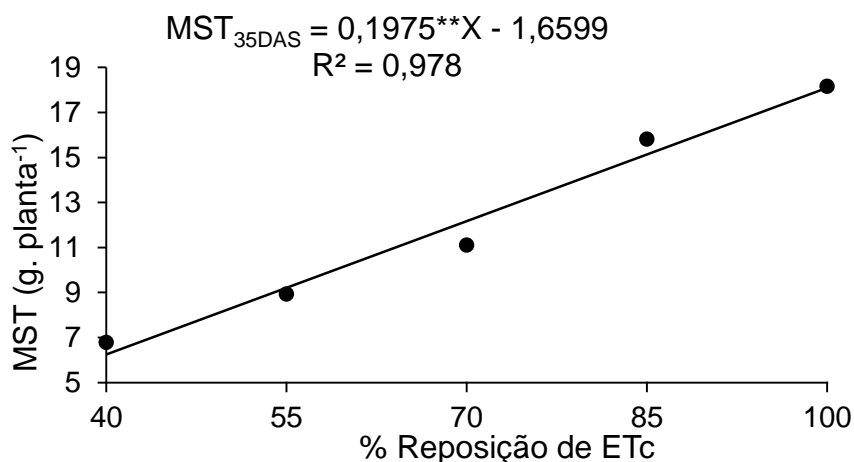


Figura 16. Matéria seca total (MST, g planta⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi em função dos cinco níveis de reposição de ETc, aos 35 DAS. Teresina, PI, 2018

4.10 Área Foliar (AF)

Em relação a AF, aos 25 DAS, não houve efeito significativo ($p > 0,05$) para os fatores isolados e suas interações. No entanto, aos 35 DAS, verificou-se diferença significativa ($p < 0,01$) apenas para as cultivares (Tabela 23).

Tabela 23. Resumo da análise de variância para área foliar (AF, em $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) aos 25 e 35 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018

Fonte de Variação	Quadrado Médio	
	25 DAS	35 DAS
Cultivar (C)	21177,48 ^{ns}	360497,30 ^{**}
% Reposição da ETc (RE)	690543,35 ⁻⁻	2153936,03 ⁻⁻
Fonte de nitrogênio (FN)	1259,03 ^{ns}	1670,18 ^{ns}
C*RE	380,25 ^{ns}	36093,20 ^{ns}
C*FN	7349,62 ^{ns}	20586,47 ^{ns}
RE*FN	1473,44 ^{ns}	12283,28 ^{ns}
C*RE*FN	2728,12 ^{ns}	12008,52 ^{ns}
Resíduo ¹	6522,87	18584,99
Média geral	523,20	748,85
CV (%)	15,44	18,20

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

¹Número de graus de liberdade para o resíduo: 60 (35 DAS e 25 DAS).

Aos 35 DAS, fim do estágio vegetativo e expansão da arquitetura foliar, a BRS Tumucumaque apresentou maior AF de $812,14 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$, cuja diferença foi 15,58% em relação a BRS Imponente (Tabela 24). Tal resultado pode ser explicado pelo fato desse componente está mais relacionado às características genéticas da cultivar do que aos fatores associados ao ambiente.

Tabela 24. Médias¹ da área foliar (AF, em $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$), de duas cultivares de feijão-caupi aos 35 DAS. Teresina, PI, 2018

Cultivar	Média
BRS Imponente	685,56 b
BRS Tumucumaque	812,14 a
DMS	57,48

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

Segundo Andrade Junior et al. (2005), as folhas constituem um aparato fotossintético, sendo responsáveis pela formação de fotoassimilados, que serão alocados em seus órgãos vegetativo e reprodutivo. Assim, em condições satisfatórias, quanto maior for o desenvolvimento foliar maior será a alocação de carboidratos. Esta expansão da AF é influenciada pelas características genóticas de cada cultivar, quanto ao seu porte de desenvolvimento.

A equação de regressão que melhor representou a resposta das plantas aos 25 DAS foi do tipo linear, na qual observou um aumento significativo na AF de 159%, entre o menor e maior nível de ETc do presente estudo (Figura 17). Neste período, a medida que acrescentava 1% da ETc, a área foliar da planta expandia 8,2 cm². Já aos 35 DAS, verificou-se uma resposta quadrática para AF, indicando um acréscimo de 236%, entre os níveis de 40% e 100% da ETc, na qual esse crescimento foi mais expressivo a partir do terceiro nível, indicando haver efeito positivo quanto ao desenvolvimento foliar em feijão-caupi, com o aumento da disponibilidade de água no solo.

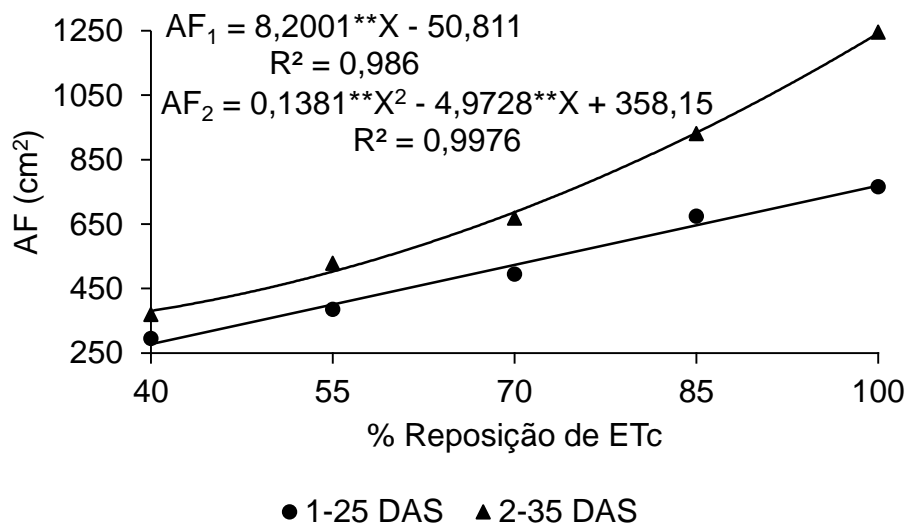


Figura 17. Área foliar (AF, em cm²), das cultivares em função dos cinco níveis de reposição de ETc, aos 25 e 35 DAS. Teresina, PI, 2018

Comparando-se o desempenho da AF em cada nível durante o intervalo de dez dias, entre os períodos avaliados, pode-se observar que o nível de 40% da ETc incrementou 25,35% na AF, sendo considerado a menor. No entanto, o nível de ETc que proporcionou o maior incremento foi o 100% da ETc, com acréscimo de 62,65%

na AF. Comportamento semelhante foi encontrado por Dutra et al. (2013), estudando o crescimento de genótipos de feijão-caupi, observaram um aumento da área foliar dos genótipos em função do incremento da irrigação. Os melhores valores foram encontrados quando aplicado o nível de 100% da ETo, admitindo um incremento médio de 60% na AF dos os genótipos, quando comparados com o nível de reposição de 40% da ETo.

Bastos et al. (2011), quando submeteram as plantas de feijão-caupi a uma condição de estresse de 50% da lamina requerida, observaram uma redução em 20% no índice médio de área foliar e 16% o índice médio de clorofila. Pois segundo Fancelli; Dourado Neto (1999), quando as plantas estão em condições de estresse hídrico associado uma alta taxa de transpiração, imediatamente ocorre o fechamento dos estômatos, resultando na paralização da fotossíntese. Conforme Taiz e zeiger (2017) essa consequência reduz no desenvolvimento da área foliar, sendo assim, uma adaptação de defesa da planta para tolerar a deficiência hídrica, com a área foliar menor, a planta transpirar menos, para racionar o uso de água limitado no solo.

4.11 Relações entre a Parte Aérea e Raiz (RPAR)

Quanto à RPAR, aos 25 DAS, constatou-se efeito significativo ($p < 0,01$) apenas para as cultivares (Tabela 25).

Tabela 25. Resumo da análise de variância para relação entre parte aérea e raiz (RPAR, em $g\ g^{-1}$) aos 25 e 35 DAS, de duas cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco níveis de reposição de ETc e três fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2018

Fonte de Variação	Quadrado Médio	
	25 DAS	35 DAS
Cultivar (C)	3,50 **	0,34 ^{ns}
% Reposição da ETc (RE)	8,67 --	0,87 --
Fonte de nitrogênio (FN)	0,07 ^{ns}	0,05 ^{ns}
C*RE	0,89 ^{ns}	0,03 ^{ns}
C*FN	0,42 ^{ns}	0,47 ^{ns}
E*FN	0,30 ^{ns}	0,10 ^{ns}
C*RE*FN	0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Resíduo ¹	0,36	0,24
Média geral	1,83	1,97
CV (%)	32,88	24,86

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F; (--) Não se aplica o teste. ¹Número de graus de liberdade para o resíduo: 60 (35 DAS e 25 DAS).

Observou que a BRS Tumucumaque tem uma maior RPAR do que BRS Imponente (Tabela 26), fato que esta relação é um parâmetro importantíssimo para determinar se a cultivar é tolerante aos estresses abióticos (LUTTS et al., 1996).

Tabela 26. Médias¹ da relação da parte aérea e raiz (RPAR, em g g⁻¹), de duas cultivares de feijão-caupi aos 25 DAS. Teresina, PI, 2018

Cultivar	Média
BRS Imponente	1,64 b
BRS Tumucumaque	2,03 a
DMS	0,25

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

Aos 25 DAS, o modelo de regressão que melhor ajustou-se foi o quadrático (Figura 18). A RPAR diminuiu em resposta ao aumento de déficit hídrico, porém, com intensidade diferente conforme o nível de água aplicado. A média de RPAR quando considerado os níveis de reposição de 85%, 70%, 55% e 40% da ETc foi de 1,52 g g⁻¹, o que representa uma diferença de 50%, quando comparada com a reposição de 100% da ETc.

A baixa relação indica proximidade entre o valor da produção de biomassa da parte aérea com a raiz de feijão-caupi, podendo ser um mecanismo de adaptação ao déficit hídrico, onde a planta restringe o crescimento da parte aérea e passar a desenvolver mais o sistema radicular.

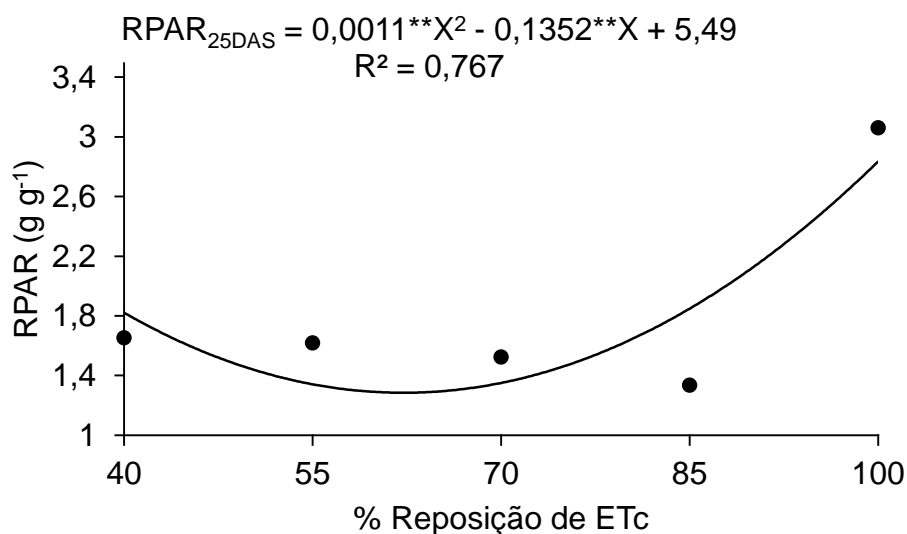


Figura 18. Relação da parte aérea e raiz (RPAR, em g g⁻¹) das cultivares de feijão-caupi em função dos cinco níveis de reposição de ETc, aos 25 DAS. Teresina, PI, 2018

O nível 100% de reposição da ETc, proporcionou uma maior relação, indicando que nessas condições a biomassa da parte aérea do feijão-caupi pode chegar ser 3 vezes a mais que o sistema radicular.

Conforme Freitas et al. (2014), quando a planta de feijão-caupi é submetida a condição de estresse hídrico, há uma paralisação da emissão de novas folhas para investimento em outras partes como sistema radicular e/ou órgãos reprodutivos. Segundo Costa et al. (1997), quando o feijão-caupi é submetido a estresse hídrico, o sistema radicular nas camadas iniciais são reduzidas em 55%, passando a desenvolver-se mais em quantidade nas camadas mais profundas. Larcher (2004) afirma que este pode ser, para algumas espécies, um mecanismo de adaptação à seca.

5. CONCLUSÕES

As variáveis DC, ALT, NFP, ALT e IRC respondem negativamente ao aumento dos níveis de déficit hídrico, com reduções mais severas aos 34 DAS em relação aos 24 DAS.

Os menores incrementos de biomassa seca da planta (MSPA, MSR e MST) e AF foram obtidos com o maior nível de déficit hídrico (40% da ETc).

A BRS Imponente apresenta as maiores médias para as variáveis DC, NFP, IRC, MSPA, MSR, MST.

A BRS Tumucumaque apresenta as maiores médias para as variáveis de crescimento ALT, NNRP, AF e RPAR.

As fontes de nitrogênio influenciaram igualmente as variáveis NFP, aos 24 e 34 DAS, MSPA, MSR, AF e RPAR aos 25 e 35 DAS.

O uso do inoculante e a adubação nitrogenada tiveram efeitos similares sobre as variáveis ALT, NNRP, IRC E MST.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, G. C. **Efeito da inoculação de bactérias Diazotróficas dos gêneros *Herbaspirillum* e *Burkholdeira* em genótipos de milho**. 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.
- ALVES, A. F.; CARVALHO, K. F.; LIMA, A. A.; ALVES, A. F.; FERREIRA, T. A. Resposta do silício em condições de estresse salino em feijão caupi variedade Gurgéia. **Revista Verde**, Pombal, v. 9, n. 5, p. 124-128, 2014.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S., et al. Cultivo do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp): temperatura. In: **Sistema de produção: 2**. Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI, p. 108, 2002.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S., RODRIGUES, B.H.N., BASTOS, E.A. Irrigação. In: Freire Filho, F.R., Lima, J.A.A., Ribeiro, V.Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Meio-Norte, 2005. p. 243-277.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FILHO, J. I.; FERREIRA, J. O. P.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A.; Cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes regimes hídricos. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 2, p. 187-195, 2014.
- AQUINO, J. P. A.; BEZERRA, A. A. C.; ALCANTARA NETO, F.; LIMA, C. J. G. S.; SOUSA, R. R. Morphophysiological responses of cowpea genotypes to irrigation water salinity. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 1001-1008, 2017.
- ARAÚJO, A. S. F.; CARNEIRO, R. F. V.; BEZERRA, A. A. C.; ARAUJO, F. F. Coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena: efeito sobre a nodulação, a fixação de N² e o crescimento das plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 182-185, 2010.
- BASTOS, E.A., RODRIGUES, B.H.N., ANDRADE JÚNIOR, A.S., CARDOSO, M.J. Parâmetros de crescimento do feijão-caupi sob diferentes regimes Hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n.4, p. 43-50, 2002.
- BASTOS, E. A.; FERREIRA, V. M.; SILVA, C. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no vale do Gurgéia, PI. **Irriga**, Botucatu, v.13, n. 2, p.182-190, 2008.
- BASTOS, E. A., NASCIMENTO, S. P., SILVA, E. M., FREIRE FILHO, F. R., GOMIDES, R. L. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 100-107, 2011.
- BASTOS, E. A.; RAMOS, H. M. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; NASCIMENTO, F. N.; CARDOSO, M. J.; Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**, Campina Grande, v. 1, n. 1, p. 31–37, 2012.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Boletim Agrometeorológico do ano de 2015 para o município de Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 239), 2016. 37p.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; NOGUEIRA, C. C. P. **Cultivo de feijão-caupi**, 2ª edição, Mar/2017. disponível em: <
https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_sdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaold=9109&p_r_p_-996514994_topicold=1310

BATISTA, E. R. **Feijão caupi submetido à inoculação combinada de rizóbio em solo de cerrado**. 2015 94 f. Dissertação. (Mestrado) - Universidade Federal De Mato Grosso Instituto De Ciências Agrárias E Tecnológicas Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. Rondonópolis. 2015.

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

BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.34, n. 1, p.5-10, 2003.

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

BEZERRA, A. A. C.; ALCANTARA NETO, F.; NEVES, A. C.; MAGGIONI, K. Comportamento morfoagronômico de feijão-caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 55, n. 3, p. 184-189, 2012.

BRITO, M. DE M. P.; MURAOKA, T.; DA SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.

BRITO, K. Q. D.; NASCIMENTO, R.; SILVA, I. A. C.; SANTOS, J. E. A.; SOUZA, F. G. Crescimento de genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. **Revista Verde**, Pombal, v. 10, n. 5, p. 16 - 21, 2015.

BRS Imponente: cultivar de feijão-caupi de porte semiereto e tamanho de grão extragrande. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2016. 1 Fôlder.

BRS Tumucumaque: cultivar de feijão-caupi com ampla adaptação e rica em ferro e zinco. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2009. 1 Fôlder.

CARDOSO, J. M.; MELO, F. B.; LIMA, M. G. Ecofisiologia e manejo de plantio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. Cap. 5, p.213-225.

CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, V. P. R.; AZEVEDO, P. V.; BORGES, C. J. R.; SOARES, J. M.; MOURA, M. S. B.; SILVA, B. B. Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.150-156, 2008.

CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, M. T.; SILVA, V. P. R. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.4, p.396-404, 2010.

CARNEIRO, M. M. L. C.; DEUNER, S.; OLIVEIRA, P. O. D.; TEIXEIRA, S. B.; SOUSA, C. P.; BACARIN, M. A.; MORAES, D. M. Atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol após estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 752-761, 2011.

CHAVARRIA, G.; DURIGON, M. R.; KLEIN, V. A.; KLEBER, H. Restrição fotossintética de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.8, p.1387-1393, 2015.

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

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO - CONAB. Acomp. safra bras. grãos, v. 12 Safra 2015/16 - **Décimo Segundo levantamento**, Brasília, p. 1-182, setembro 2016.. Disponível em < <https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos> > Acesso em: 29 JUL 2017.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safras brasileiras de grãos. v. 4 Safra 2016/17 - **Décimo segundo levantamento**, Brasília, p. 1-158 setembro 2017. Disponível em: https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_09_01_56_boletim_graos_setembro_2017.pdf. Acesso em: 29/11/ 2017.

COSTA, M. M. M. N.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N.; MELO, F. I. O. Produção, componentes de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetido à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 43-50, 1997.

CRAUFURD, P. Q.; ELLIS, R. H.; SUMMERFIELD, R. J.; MENINI, L. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*) I. The influence of temperature on seed germination and seedling emergence. **Experimental Agriculture**, London, v. 32, n. 1, p. 1-12, 1996.

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

DIDONET, A.D. et al. Efeitos da alta temperatura do ar. In: **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, Cap.3, p.53-66. 2002.

DUTRA, W. F.; OLIVEIRA, I. M.; DUTRA, A. F.; SANTOS, E. E. S.; MELO, A. S. Crescimento inicial de genótipos de feijão-caupi cultivados sob estresse hídrico. III CONAC – Congresso Nacional de Feijão-Caupi. Recife-PE, 2013.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.3, p.39-45, 1991.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Estresse de água e temperatura na cultura de feijão. In: **Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo**. Piracicaba: Publique, 1999. p.155-169.

FAOSTAT. **Production**. Crops. Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em 12 Jan. 2018.

FARIAS, J.R. B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S. R.; BERLATO, M. A.; OLIVEIRA, A. C. B. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 51-62, 1993.

FARIAS, T. P.; SOARES, B. L.; ARAÚJO, A. R. A.; MOREIRA, F. M. S. Symbiotic efficiency of rhizobia strains with cowpea in southern Maranhão. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 3, p. 611-618, 2016.

FERREIRA NETO, R. A.; NASCIMENTO, T. R.; CARVALHO, B. R.; SANTOS, J. M. R.; FREITAS, A. D. S.; FERNANDES JÚNIOR, P. I. Produtividade de duas variedades de feijão-caupi inoculadas com estirpes de rizóbio recomendadas nacionalmente. In: JORNADA DE INTEGRAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 1., 2016, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1058723>>. Acesso em 14 jan. 2018.

FERY F. L. (2002) New opportunities in Vigna. In: JANICK, J.; WHIPKEY, A. (eds), **Trends in new crops and new uses**. ASHS Press, Alexandria Fatokun C.A., Danesh D., Young N.D., Stewart E.L. (1993) Molecular taxonomic relationships in the genus Vigna based on RFLP analysis. *Theoretical and Applied Genetics* 85:97-104.

FIGUEIREDO, M., BURITY, H., MARTINEZ, C., CHANWAY, C., Alleviation of drought stress in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation with *Paeni-bacillus polymyxa* and *Rhizobium tropici*. **Applied Soil Ecology** 40, 182–188. 2008.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; SILVA, D.J.H. Dinâmica do crescimento, distribuição de massa seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, vol. 23, n.1, p.94 - 99, 2005.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília - DF: IITA: EMBRAPA, p. 26-46.1988.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; BARRETO, P.D.; SANTOS, C.A.F. Melhoramento genético do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região Nordeste. In: QUEIRÓS, M.A. de; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.) **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro**. Versão 1.0. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

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

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

FREITAS, A. D. S.; SILVA, A. F.; SAMPAIO, E. V. S. B. Yield and biological nitrogen fixation of cowpea varieties in the semi-arid region of Brazil. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v.45, p.109-114, 2012.

FREITAS, R. M. O.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, F. C. L.; NOGUEIRA, N. W.; PINTO, J. R. S. Crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 393–401, 2014.

FREITAS, R. M. O.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, F. C. L.; NOGUEIRA, N. W.; PINTO, J. R. S. Physiological responses of cowpea under water stress and rewatering in no-tillage and conventional tillage systems. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 559 – 567, 2017.

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

GHAFOOR, A.; SHARIF, A.; AHMAD, Z.; ZAHID, M. A.; RABBANI, M. A. Genetic diversity in blackgram (*Vigna mungo* L. Hepper). **Field Crops Research**, n.69, p.183- 190, 2001.

GONÇALVES, S.L.; WREGE, M. S.; CARAMORI, P. H.; MARIOT, E. J.; NETO, M. A. Probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 30° C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado nas safras das águas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.2, p.99-107, 1997.

GONÇALVES, I. S.; SILVA, R. R.; OLIVEIRA, G. M.; SANTIAGO, E. J.; OLIVEIRA, V. E. A. Características fisiológicas e componentes de produção de feijão caupi sob

diferentes lâminas de irrigação. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 320–329, 2017.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; PELOSO, M. J. D.; OLIVEIRA, J. P. Genótipos de feijoeiro comum sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, p.649-656, 2011.

GUIMARÃES, A. A.; JARAMILLO, P. M. D.; NÓBREGA, R. S. A.; FLORESTINO, L. A.; SILVA, K. B.; MOREIRA, F. M. S. Genetic and symbiotic diversity of nitrogen fixing bacterial isolated from agricultural soils in the western Amazon by using cowpea as the trap plant. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 78, p. 6726-6733, 2012.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **A fixação biológica do nitrogênio com a cultura do feijoeiro** (documento 338). Londrina: Embrapa, 2013.

JUNIOR, A. F. C.; RAHMEIER, W.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, G. R.; CHAGAS, L. F. B. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 709-714, 2010.

KAGA, A.; OHNISHI, M.; ISHII, T.; KAMAJIMA, O. A genetic linkage map of adzuki bean constructed with molecular and morphological markers using an interspecific population (*Vigna angularis* x *V. nakashimae*). **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v.93, n.56, p.658-663, 1996.

KÄMPF, A. N.; TAKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. **Floricultura: Técnicas de preparo de substratos**. 1.ed. Brasília: LK Editora e Comunicação, 2006. v.1, 132p.

KASCHUK, G.; HUNGRIA, M.; LEFFELAAR, P. A.; GILLER, K. E.; KUYPER, T. W. Differences in photosynthetic behavior and leaf senescence of soybean (*Glycine max* [L.] Merrill) dependent on N² fixation or nitrate supply. **Plant Biology**, v.12, n.1, p.60-69, 2010.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**, 2º ed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 431 p., 2013.

LACERDA, M. D.; SILVA, S. M. S.; ALVES, J. C.; COSTA, A. F.; HERNANDEZ, F. B. T. Características agrônômicas da cultivar de feijão-caupi BRS Tumucumaque em função de lâminas de irrigação. III INOVAGRI International Meeting, Fortaleza, Brasil. 2015

LAGO, F. J.; FURTINI NETO, A. E.; FURTINI, I. V.; RAMALHO, M. A. P.; HORTA, I. M. F. Frações nitrogenadas e eficiência nutricional em linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciências e Agrotécologia**, Lavras, v 33, n. 2, p. 440-447, 2009.

LANGYINTUO, A. S.; LOWENBERGDEBOER, J.; FAYE, M.; LAMBERT, D.; IBRO, G.; MOUSSA, B.; KERGNA, A.; KUSHWAHA, S.; MUSA, S.; NTOUKAM, G. Cowpea

supply and demand in west and central Africa. **Field Crops Research**, v.82 p.215-231, 2003.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, São Paulo. Editora Rima. 2004.531p.

LEE, D. W. Simulating forest shade to study the development ecology of tropical plants: juvenile growth in three vines in India. **Journal of Tropical Ecology**, v.4, p.281-292, 1988.

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

LEITE, M. de L.; VIRGENS FILHO, J. S. das. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas a déficits hídricos. **Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 10, n. 01, p. 43-51, 2004.

LIMA, J. R. S.; ANTONIO, A. C. D.; SOARES, W. A.; SOUZA, E. S.; LIRA, C. A. B. O. Balanço hídrico no solo cultivado com feijão caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 1, n. 1, p. 89-95, 2006.

LISAR, Y.S.S; MOTAFAKKERAZAD, R; HOSSAIN, M.M; RAHMAN, I.M.M. Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses, **Annual Review of Plant Physiology**, v. 24, n. 1, p. 519-570, 2012.

LOCATELLI, V. DA E. R.; MEDEIROS, R. D.; SMIDERLE, O. J.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; ARÚJO, W. F. Desenvolvimento vegetativo de cultivares de feijão-caupi sob lâminas de irrigação no cerrado roraimense. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 28–39, 2016.

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

MALAVOLTA, E.; LIMA FILHO, O.F. Nutrição e adubação do feijoeiro. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D., eds. **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. Piracicaba, ESALQ-USP, 1997. p.22-51

MARÉCHAL R.; MACHERPA J.M.; STAINER F. Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base des données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. **Boissiera**, n.28, p.1-273, 1978.

MARTINS, R. N. L.; NÓBREGA, R. S. A.; SILVA, A. F. T.; NÓBREGA, J. C. A.; AMARAL, F. H. C.; COSTA, E. M.; LUSTOSA FILHO, J. F.; MARTINS, L. V.

Nitrogênio e micronutrientes na produção de grão de feijão-caupi inoculado.

Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1577-1586, 2013.

MARTINS, C. M., MARTINS, S. C. S., BORGES, W. L. 2017. **Correção da acidez, adubação e fixação biológica**. In: Do Vale, J. C., Bertine, C., Borém, A. (eds.) Feijão-caupi do plantio à colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017.

MEIRA, A. L.; SANTANA, T. M.; AMARAL, C. L. F.; MIGUEL, D. L.; JUNIOR, N. S. S. Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento em feijão-caupi sob estresse hídrico severo Ariana Lisboa Meira. **Agropecuária científica no semiárido**, Patos, v.13, n.1, p.41-47, 2017.

MELO, R. F. de. **Interações rizóbio, fungo micorrizico e adubação com NPK em feijão de corda**. 2002. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

MENDEZ, M. H. M.; DERIVI, S. C. N.; RODRIGUES, M. C. R. **Tabela de composição dos alimentos**. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 1995. 41p.

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

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

MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F.; BRANDÃO, E. O.; SOARES, J. M. Efeito da lâmina de irrigação na produtividade do feijão-caupi no semi-árido brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 38., 2009, Juazeiro-BA/Petrolina-PE. **Resumo...** Juazeiro/Petrolina: XXXVIII CONBEA, 2009.

MOUSINHO, F. E. P.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FRIZZONE, J. A. Viabilidade econômica do cultivo irrigado do feijão-caupi no Estado do Piauí. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v30, n1, p 139-145, 2008.

MURGA-ORRILLO, H.; ARAÚJO, W. F.; ROCHA, P. R. R.; SAKAZAKI, R. T.; DIONISIO, L. F. S.; POLO-VARGAS, A. R. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi cultivado em solo do cerrado submetido à cobertura morta. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 172–187, 2016.

NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 02, p. 174-177, 2004.

NASCIMENTO, S. P. do. **Efeito do déficit hídrico em feijão-caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca**. 2009. 109 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Piauí. Teresina-PI, 2009.

- NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R. F.; SILVA, E. M. da. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n. 8, p. 853-860, 2011.
- NG, N. Q.; MARÉCHAL, R. Cowpea taxonomy, origin germplasm. In: SINGH, S. R.; RACHIE, K. O. (Ed.) **Cowpea research, production and utilization**. Chichester, U.K.: John Wiley & Son, p. 11-21, 1985.
- NÓBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO, N. E. M.; FIDELIS FILHO, J. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 437-443, 2001.
- OLIVEIRA, A. P.; SILVA, V. R. F.; ARRUDA, F. P.; NASCIMENTO I. S.; ALVES A. U. Rendimento de feijão-caupi em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 77-80, 2003.
- OLIVEIRA, G. A.; ARAUJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo Response of cowpea to water levels and phosphate fertilizer on the savanna of Roraima Introdução. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 872–882, 2011.
- OLIVEIRA, A. B.; MESQUITA, R. O.; GUIMARÃES, M. A.; NETO, H. S. L.; SILVA, T. M. Exigências edafoclimáticas e ecofisiologia. In: DoVale, J. C., BERTINI, C., BORÉM, A. (eds) **Feijão-caupi: do plantio à coheita**. Viçosa, MG: Ed UFV, p. 52-69, 2017.
- ONWULIRI, A. V.; OBU, A. J. Lipids and other constituents of *Vigna unguiculata* and *Phaseolus vulgaris* grown in northern Nigéria. **Food Chemistry**, Oxford, v. 78, n. 1, p. 1-7, 2002.
- PADULOSI S.; NG, N. Q. Origin, taxonomy and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B. B.; MOHAN RAJ, D. R.; DASHIEL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (Ed.) **Advances in cowpea research**, Tsukuba: IITA: JIRCAS, p.1-12, 1997.
- PEIXOTO, C. P.; MORAES, J. C. C.; PEIXOTO, M. F. S. P.; POELKING, V. G. C.; ALMEIDA, A. T.; SOUZA, E. A. Alocação de fitomassa e produtividade da mamoneira anã EBDA MPB01 sob a ação de herbicidas, **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 3, p. 292 - 303, 2014.
- PEREIRA, J. C.; VIDOR, C.; LOVATO, P. E.; PENTEADO, A. F. Eficiência e capacidade competitiva de estirpes de *Rhizobium Leguminosarum* Bv. *Phaseoli* em feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 7, p. 1073-1080, 1991.
- PEREIRA JUNIOR, E. B.; OLIVEIRA, F. H. T.; OLIVEIRA, F. T.; SILVA, G. F.; HAFLE, O. M.; SILVA, A. R. C. Adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do feijão caupi irrigado no município de Sousa-PB. **Global science and technology**, Rio Verde, v.8, n.1, p.110 -121, 2015.

PEREIRA FILHO, J. V. BEZERRA, F. M. L.; SILVA, T. C.; PEREIRA, C. C. M. S. Crescimento Vegetativo Do Feijão-Caupi Cultivado Sob Salinidade e Déficit Hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 8, p. 2217–2228, 2017.

PIMENTEL, C.; ROSSIELO, R.O.P. Entendimento sobre relações hídricas. In: Simpósio Internacional sobre estresse ambiental: o milho em perspectiva, 1995, Belo Horizonte, MG. **Anais...** EMBRAPA/CNPMS, 1995. v.1. 449p. p.131-146.

PIMENTEL, C. **A Relação da Planta com a Água**. Rio de Janeiro: UFRRJ, Rio de Janeiro, 2004. 191 p.

PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.101-137.

PUBLIO JUNIOR, E.; MORAIS, O. M.; ROCHA, M. M.; PUBLIO, P. P. B.; BANDEIRAS, A. S. Características agronômicas de genótipos de feijão-caupi cultivados no sudoeste da Bahia. **Científica**, Jaboticabal, v.45, n.3, p.223-230, 2017.

ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; MENEZES JUNIOR, J. A. N. **Cultivo de feijão-caupi**, 2ª edição, Mar/2017. disponível em: <
https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_sdeproducao16_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaoId=9109&p_r_p_-996514994_topicId=10506>. Acesso em: 18 jan. 2018

RUFINI, M.; SILVA, M.A.P.; FERREIRA, P.A.A.; CASSETARI, A.S.; SOARES, B.L.; ANDRADE, M.J.B.; MOREIRA, F.M.S. Symbiotic efficiency and identification of rhizobia that nodulate cowpea in a RhodicEutrudox. **Biology and Fertility of Soils**. v. 50, n. 1, p. 115–122, 2014.

SALGADO, S.M.; MELO FILHO, A.B.; ANDRADE, S.A.C.; MACIEL, G.R.; LIVERA, A.V.S.; GUERRA, N.B. Modificação da concentração de amido resistente em feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) por tratamento hidrotérmico e congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, p.259-264, 2005.

SALVAGIOTTI, F.; CASSMAN, K. G.; SPECHT, J. E.; WALTERS, D. T.; WEISS, A.; DOBERMANN, A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. **Field Crops Research**, v. 108, n. 1, p. 1–13, 2008.

SANTALLA, M.; POWER, J.B.; DAVEY, M.R. Genetic diversity in mung bean germoplasm revealed by RAPD markers. **Plant Breeding**, v.17, p.473-478, 1998.

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

SANTOS, K. C.; UCHÔA, S. C. P.; MELO, V. F.; ALVES, J. M. A.; ROCHA, P. R. R.; XIMENES, C. K. S. Inoculação com *Bradyrhizobium* e adubação nitrogenada em

feijão-caupi cultivado em diferentes solos. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 8, n. 3, p. 306-317, 2014.

SANTOS, R. D. S.; LOPES, M. C.; FERRARI, J. M. S.; PEREIRA, J. T. S.; VASCONCELOS, R. L.; BROETTO, F. 2017. A deficiência hídrica e suas consequências morfológicas e fisiológicas para os cultivos agrícolas. In: PADILHA, P. M., ZAMBUZZI, W. F., CASTRO, G. R. (Org.) **O estresse das plantas**: teoria e prática. Thais Arruda Costa Joca. – São Paulo: Cultura Acadêmica, 2017.

SENTELHAS, P.C.; SANTOS, A.O. Cultivo Protegido: aspectos microclimáticos. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 108-115, 1995.

SILVA, D. F.; ALCANTARA, C. R. Déficit Hídrico na Região Nordeste: Variabilidade Espaço-Temporal. **Ciências Exatas e Tecnologia**, Londrina, v. 8, n. 1, p.45-51, 2009.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JÚNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas a deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.23, n.4, p.7-13, 2010.

SILVA E. F. L.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; NUNES, L. A. L.; CARNEIRO, R. F. V. Fixação biológica do N₂ em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 394-402, 2010.

SILVA, H. A. P.; CAETANO, V. S.; BEZERRA, A. C. M.; VIDAL, M. S.; ARAÚJO, J. L. S. **Efeito do déficit hídrico sobre a fixação biológica de N em cultivares de feijão comum**. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2012. 28 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 94).

SILVA, E. F.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SILVEIRA, L. M.; SANTANA, F. M. S.; SANTOS, M. G. Avaliação de cultivares de feijão-caupi irrigado para produção de grãos verdes em Serra Talhada-PE. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 1, p. 21-26, 2013.

SILVA, A.; BRITO, M. E.; FRADE, L. J. G.; NOBRE, R. G.; COSTA, F. B.; MELO, A. S.; SILVA, L. A. Crescimento e trocas gasosas de genótipos de feijão-caupi sob estratégias de cultivo. **Revista Ambiente e Água**. Taubaté, vol.11, n. 3, p. 745-758, 2016.

SILVA, D. M. R.; SANTOS, J. C. C.; COSTA, R. N.; ROCHA, A. O.; LIMA, A. N. S.; SANTOS, S. A.; SILVA, L. K. S. Resposta do feijoeiro a lâminas de água aplicada em relação à evapotranspiração da cultura. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 74-67, p. 71-77, 2017.

SIMON, M.V.; BENKO-ISEPPON, A.M.; RESENDE, L.V.; WINTER, P.; KAHL, G. Genetic diversity and phylogenetic relationships in Vigna Savi germplasm revealed by DNA amplification fingerprinting (DAF), **Genome**, v.50, p.538-547, 2007.

SINGH, B. B. Recent Progress in cowpea genetics and breeding. **Acta Horticulture**, v. 752, n. 13, p. 69-75, 2007.

SMARTT, J. Evolution of genetic resources. In: SMARTT, J. (Ed.), **Grain Legumes**. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 140–175, 1990.

SOUZA, A. A. de; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. de M.; SOUZA, V. B. de; OLIVEIRA, M. B. de; CARVALHO, A. J. de. Componentes de produção de linhagens selecionadas de feijão-caupi de porte prostrado e semiprostrado no norte de Minas Gerais. In: Congresso Nacional de feijão-caupi, 3., 2013, Recife-PE. **Resumo...** Recife, PE. CONAC, p. 22-24, 2013.

SOUSA, C. C. M. PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; SOUZA, M. A. L. M.; PEREIRA FILHO, J. V. Crescimento e respostas enzimáticas do feijoeiro caupi sob estresse hídrico e nematoide de galhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p. 113–118, 2015.

SOUSA, J. L. M.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NEVES, A. C.; SOUSA, R. R. Potencial de genótipos de feijão-caupi para o mercado de vagens e grãos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 5, p. 392–398, 2015.

SOUSA, R. R. **Densidade populacional e inoculação na cultivar de feijão-caupi brs imponente**. p.67, 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

STEELE, W.M.; MEHRA K.L. Structure, evolution and adaptation to farming System and environment in Vigna. In: SUMMERFIELD, D. R.; BUNTING, A. H. (Ed.). **Advances in Legume Science**, England: Royal Botanic Gardens, 1980. p.459-468.

SUMMERFIELD, R. J.; PATE, J. S.; ROBERTS, E.H.; WIEN, H. C. The physiology cowpea. In: SINGH, S. R.; RACHIE, K. O. (Eds.). **Cowpea research, production and utilization**. Chichester: John Wiley, p.66-101, 1985.

TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, T. J.; SANTOS, L. C.; NETO, I. J. S.; ROCHA, F. A.; PAULA, A. Características agronômicas do feijão caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 242–248, 2013.

TAIZ, L., ZEIGER, T. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 888, 2017.

TEÓFILO, E. M.; PAIVA, J. B.; MEDEIROS FILHO, S. Polinização artificial em feijão caupi. (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25 n. 1, p. 220-223, 2001.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955. (Publications in Climatology, v. 3, n. 1).

TURK, K.L.; HALL, A.E.; ASBELL, C.W. Drought adaptation of cowpea. I. influence of drought on seed yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n.3, p. 413- 420, 1980.

UMAHARAN, P. et al. Genetic analysis of yield and its components in vegetable cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Euphytica**, v.96, n.2, p.207-213, 1997.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Embrapa, Planaltina. 1997. 524 p.

VERDCOURT, B. Studies in the leguminosae papilionideae for the flora of tropical East Africa. IV. **Kew Bulletin**, v. 24, p.507-569, 1970.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M; FOOLAD, M.R. Heat tolerance in plants: An overview. **Environmental and Experimental Botany**, v.61, p.199-223. 2007.

XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; CAMPOS, F. L. Inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p. 2037-2041, 2008.

ZILLI, J. E.; SMIDERLE, O. J.; JUNIOR, P. I. F. Eficiência agronômica de diferentes formulações de inoculantes contendo Bradyrhizobium na cultura da soja em Roraima. **Revista Agro ambiente On-line**, Boa Vista, v. 4, n. 2, p. 56-61, 2010.