

## PARTIÇÃO DE ASSIMILADOS NO FEIJÃO-CAUPI IRRIGADO POR GOTEJAMENTO EM CASTANHAL-PA

**PAULO JORGE DE OLIVEIRA PONTE DE SOUZA<sup>1</sup>; THAYNARA FERNANDES RAMOS<sup>2</sup>; LUCILENE DE CÁSSIA SANTOS FIEL<sup>3</sup>; HILDO GIUSEPPE GARCIA CALDAS NUNES<sup>4</sup>; VIVIAN DIELLY DA SILVA FARIAS<sup>5</sup> E DENIS DE PINHO SOUSA<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Meteorologista, Doutor, professor Associado do Instituto socioambiental e dos recursos hídricos, professor permanente do programa de Pós-Graduação em agronomia, UFRA, Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501, bairro Terra Firme, CEP: 66.077-830, Belém, PA, Brasil. E-mail: [paulo.jorge@ufra.edu.br](mailto:paulo.jorge@ufra.edu.br).

<sup>2</sup> Eng. Agrônoma, Graduada, voluntária no Laboratório de agrometeorologia, UFRA, Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501, bairro Terra Firme, CEP: 66.077-830, Belém, PA, Brasil. E-mail: [thaynara\\_amos@yahoo.com.br](mailto:thaynara_amos@yahoo.com.br).

<sup>3</sup> Eng. Agrônoma, Graduada, voluntária no Laboratório de agrometeorologia, UFRA, Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501, bairro Terra Firme, CEP: 66.077-830, Belém, PA, Brasil. E-mail: [lenefiel@hotmail.com](mailto:lenefiel@hotmail.com).

<sup>4</sup> Meteorologista, Doutor, professor substituto do Instituto socioambiental e dos recursos hídricos, UFRA, Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501, bairro Terra Firme, CEP: 66.077-830, Belém, PA, Brasil. E-mail: [garibalde13@gmail.com](mailto:garibalde13@gmail.com).

<sup>5</sup> Eng. Agrônoma, Doutora, professora adjunta da Faculdade de engenharia agrônômica, UFPA, Av. Cel. José Porfírio Nº 2515, Bairro São Sebastião, CEP: 68372-040, Altamira, PA, Brasil. E-mail: [vivianfarias@ufpa.br](mailto:vivianfarias@ufpa.br).

<sup>6</sup> Eng. Agrônomo, Doutor, Fiscal de Meio Ambiente na Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará, Rua do Utinga, Nº 717, bairro Curió Utinga, CEP: 66610-010, Belém, PA, Brasil. E-mail: [denisdepinho@agronomo.eng.br](mailto:denisdepinho@agronomo.eng.br).

### 1 RESUMO

O feijão-caupi possui grande importância econômica e social para as regiões Norte e Nordeste do Brasil devido ao seu alto valor nutricional e adaptação às condições climáticas locais. Este trabalho analisou a influência da disponibilidade hídrica na partição de assimilados do feijão-caupi. O experimento foi conduzido na Fazenda Escola de Castanhal da Universidade Federal Rural da Amazônia entre 2013 e 2016. O delineamento experimental foi blocos casualizados, com seis blocos e quatro tratamentos (T1: 100%, T2: 50%, T3: 25% e T4: 0% da lâmina hídrica de reposição da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>)). As análises de crescimento e fotoassimilados foram realizadas ao final de cada estágio fenológico em três plantas (aleatórias) por unidade experimental. Foram consideradas na análise de biomassa, folhas, hastes (caule, pecíolo e pedúnculo) e legumes (vagem e grão). A fração de matéria seca foi obtida pela razão entre cada parte da planta e a matéria seca total. A matéria seca e as demais partes do feijão-caupi foram influenciadas negativamente pela redução do teor de água disponível no solo, porém não ocorreu influência no padrão de alocação dos fotoassimilados. Os valores máximos acumulados de matéria seca total e produtividade foram obtidos no tratamento com 100% de reposição da ET<sub>c</sub>.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata* L. Walp., matéria seca, partição de biomassa, irrigação, Amazônia.

**SOUZA, P. J. O. P.; RAMOS, T. F.; FIEL, L. C. S.; NUNES, H. G. G. C.; FARIAS, V. D. S.; SOUSA, D. P.**  
**PARTITION OF ASSIMILATES IN DRIP-IRRIGATED COWPEA BEANS IN CASTANHAL-PA**

## 2 ABSTRACT

The cowpea bean has great economic and social importance for the North and Northeast regions of Brazil due to its high nutritional value and adaptation to local climatic conditions. This work evaluated the influence of water availability on the assimilated partition of the cowpea bean. The experiment was conducted at the Castanhal School Farm of the Federal Rural University of the Amazon between 2013 and 2016. The experimental design was randomized blocks, with six blocks and four treatments (T1: 100%, T2: 50%, T3: 25% and T4: 0% of the water depth replacement of the crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>)). The analysis of growth and photoassimilates was performed at the end of each phenological stage in three random plants per experimental unit. Leaves, stems (stem, petiole and peduncle) and vegetables (pod and grain) were considered in the biomass analysis. The dry matter fraction was obtained by the ratio between each plant part and the total dry matter. The dry matter and other parts of the cowpea bean were negatively influenced by the reduction of the water content available in the soil, but there was no influence on the allocation pattern of photoassimilates. The maximum values of total dry matter and productivity were obtained in the treatment with 100% ET<sub>c</sub> replacement.

**Keywords:** *Vigna unguiculata* L. Walp., dry matter, biomass partition, irrigation, Amazon.

## 3 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é uma cultura de grande importância econômica e social para a população e produtores brasileiros por ser um elemento básico na alimentação da população e por adaptar-se razoavelmente bem em relação a outras leguminosas, a condições edafoclimáticas diversas e a sistemas de cultivo limitantes, porém, essa cultura nem sempre apresenta bons níveis de produtividade (SILVA; NEVES, 2011). Sua produção concentra-se nas regiões Nordeste e Norte e vem se expandindo para a região Centro-Oeste, principalmente para o estado do Mato Grosso (FREIRE FILHO *et al.*, 2011).

Na região Norte, o feijão-caupi apresenta uma pequena participação tanto na área cultivada como na produção comercial, com destaque para sua produtividade nessa região, que é praticamente igual à média

nacional, a exemplo da cultivar BR3-Tracueteua que apresenta produtividade média de 1.316,8 kg ha<sup>-1</sup> (FREIRE FILHO *et al.*, 2005; FREIRE FILHO *et al.*, 2011). No estado do Pará, porém, a cultura ainda apresenta baixa produtividade, atingindo em torno de 821 kg ha<sup>-1</sup>, decorrente de diversos fatores como o manejo incorreto das sementes, baixa fertilidade dos solos e adversidades climáticas, principalmente, períodos com falta ou excesso de chuvas (LIMA; LOBATO, 2017; SOUZA *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2020a).

Com o avanço do cultivo desta leguminosa para a região central do Brasil, os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, com produtividades superiores a 1.000 kg há<sup>-1</sup>, contribuem para o aumento da produtividade média brasileira, pois os mesmos possuem tecnologias que propiciam à cultura atingir

seu potencial produtivo (FEIJÃO-CAUPI, 2018).

A água corresponde ao principal fator de risco climático para o crescimento e desenvolvimento vegetal no Norte do país, seja por excedente ou déficit hídrico, considerando-se que não há grandes limitações de temperatura e/ou radiação solar (SOUZA *et al.*, 2020b). Devido à elevada incidência de chuvas nessa região, o cultivo do feijão-caupi é comumente realizado sob o regime de sequeiro ou com regime hídrico mal distribuído e com baixa tecnologia (FREIRE FILHO *et al.*, 2009), aumentando o risco climático no cultivo dessa cultura (SOUZA *et al.*, 2020a).

De acordo com o Atlas de irrigação no Brasil (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2017), o estado do Pará possuía no ano de 2015 cerca de 27.285 ha de área irrigada, principalmente na região nordeste do estado, com áreas superiores a 500 ha cuja tipologia predominante está associada a “outras culturas”, apresentando apenas um total efetivo de 64 mil ha de área irrigável mesmo possuindo capacidade de expansão total de 5 milhões de ha (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2017).

A data final de semeadura ideal do feijão-caupi no Pará de forma a garantir uma maior produtividade (90% de probabilidade) e redução de produtividades inferiores a 10%, está localizada no intervalo entre 1 e 20 de abril (NUNES *et al.*, 2019). Após essa janela temporal, a produção só seria possível com o uso da irrigação (SOUZA *et al.*, 2020a)

A análise de crescimento é o ponto de partida para avaliar os efeitos dos sistemas de manejo sobre as plantas, pois descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, permitindo quantificar a distribuição de matéria seca formada pelos diferentes componentes da planta (folhas, caules, raízes e grãos), relacionando as respostas fisiológicas (fotoassimilados) das culturas

com as variáveis ambientais durante todo seu ciclo (URCHEI; RODRIGUES; STONE, 2000, TONATO *et al.*, 2010).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação na partição de assimilados e fração de matéria seca da parte aérea do feijão caupi nas condições climáticas de Castanhal, Pará.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no município de Castanhal, localizado na região nordeste do estado do Pará, nos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016, em uma área de aproximadamente 0,5 hectare, localizada nas dependências da Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) (1° 19' 24" S, 47° 57' 38" W e 41 m de altitude). O clima local segundo Köppen é do tipo Am, clima tropical, apresentando moderada estação seca, com precipitação pluvial média anual variando de 2.000 a 2.500 mm. O período mais seco do ano ocorre entre os meses de junho e novembro, enquanto de dezembro a maio, ocorre o período de maior precipitação.

Dessa forma, a condução do experimento se deu durante o período menos chuvoso da região. No 1° ano (2013), a semeadura foi realizada em 01/outubro e a colheita em 02/dezembro; no 2° ano (2014), a semeadura ocorreu em 09/setembro à colheita em 11/novembro, no 3° ano (2015), foi feita semeadura em 23/setembro e a colheita em 26/novembro e no último ano (2016), a semeadura ocorreu em 17/setembro e a colheita em 18/novembro.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com quatro tratamentos e seis repetições, onde os tratamentos receberam diferentes níveis de disponibilidade de água no solo a partir da fase reprodutiva do feijão-caupi. As unidades experimentais consistiram em parcelas medindo 22 x 24 m, separadas por

uma bordadura de 1 metro, com espaçamento de 0,5 m entre linhas de plantio e 0,1 m entre plantas, perfazendo uma densidade de 200.000 plantas por hectare.

Foram utilizados quatro tratamentos dispostos da seguinte forma: o tratamento T1 consistiu na reposição de 100% da água (irrigação + chuva) perdida pela evapotranspiração da cultura (ETc), o tratamento T2 em 50% de reposição da água (irrigação + precipitação pluviométrica) perdida pela ETc, o tratamento T3 em 25% de reposição (irrigação + precipitação pluviométrica) da ETc e no tratamento T4 não houve reposição da ETc por meio da irrigação na fase reprodutiva.

O método de irrigação utilizado foi a irrigação localizada com sistema de gotejamento que apresentava vazão média, medida no campo, de 0,605 L/h<sup>-1</sup> por gotejador para uma pressão de 3 mca. Após a instalação do sistema de irrigação, foram realizadas avaliações hidráulicas para a determinação do desempenho por meio do cálculo do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (PALARETTI *et al.*, 2018). Para a determinação da lâmina líquida de água, utilizou-se a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) calculada por meio da equação de Penman-Monteith (ALLEN *et al.*, 2011) com os dados obtidos da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada a 2 km do experimento. Em seguida, a ET<sub>0</sub> foi multiplicada pelo coeficiente de cultura (Kc) de cada fase do feijão-caupi disponível na literatura (BASTOS *et al.*, 2008) a fim de se obter a evapotranspiração máxima da cultura.

Na fase vegetativa, todos os tratamentos foram mantidos próximos à capacidade de campo, ou seja, com 100% de reposição da ETc (Irrigação + precipitação pluviométrica). A diferenciação das lâminas de água para os tratamentos T2 e T3 e a eliminação da irrigação ao T4, se deram quando a fase de maturação dos grãos (R9) foi atingida pela cultura.

Para a coleta dos dados meteorológicos, foi instalada uma estação meteorológica automática no centro da área experimental, com sensores conectados a um datalogger CR10X (Campbell Scientific, Inc.), com programação de leitura a cada dez segundos e determinação de médias e totais a cada dez minutos. Para a quantificação das deficiências impostas pelos tratamentos submetidos ao déficit hídrico, foi realizado o balanço hídrico sequencial conforme Carvalho *et al.* (2011).

Os estádios fenológicos do feijão-caupi foram determinados após avaliação diária seguindo a escala de desenvolvimento descrita por Farias *et al.* (2015). Para cada tratamento, em todos os blocos, selecionou-se linhas de 1 metro de comprimento, contendo 10 plantas, as quais foram monitoradas a partir da emergência. Para que se concretizasse a mudança de fase fenológica, foi determinado que 50% + 1 das plantas da linha selecionada deveriam apresentar as características descritas por Farias *et al.* (2015) para a fase.

A partição de matéria seca foi realizada no final de cada estágio fenológico da cultura (vegetativo e reprodutivo), sendo selecionadas 3 plantas aleatoriamente em cada unidade experimental para compor uma amostra. As amostras tiveram suas folhas, hastes (pecíolo, pedúnculo e caule) e legumes (grãos e vagens) separados, secados em estufa e pesados em balança com precisão de 0,01 g.

As variáveis de biomassa total da parte aérea: massa seca das folhas (MSf), hastes (MSh), legume (MSl) e total (MSt), expressas em g.m<sup>-2</sup>, foram submetidas à análise de médias, comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de significância no programa ASSISTAT.

A fração de matéria seca nas folhas (FMSf) foi obtida pela Equação 1.

$$FMSf = \frac{MSf}{MSt} \quad (1)$$

Em que: FMSf (%): fração de matéria seca das folhas; MSf: matéria seca das folhas ( $\text{g.m}^{-2}$ ) e MSt: matéria seca total ( $\text{g.m}^{-2}$ ).

O caule, pecíolo e pedúnculos formam as hastes (VIEIRA *et al.*, 2009) e a sua fração em relação à matéria seca total foi obtida por meio da Equação 2.

$$FMS_h = \frac{MSh}{MSt} \quad (2)$$

Em que: FMS<sub>h</sub> (%): fração de matéria seca das hastes; MSh ( $\text{g.m}^{-2}$ ): matéria seca das hastes e MSt ( $\text{g.m}^{-2}$ ): Matéria seca total.

A fração de matéria seca nos legumes (FMS<sub>l</sub>) é a razão entre a massa de legume e a matéria seca total da planta (Equação 3).

$$FMS_l = \frac{Mg}{MSt} \quad (3)$$

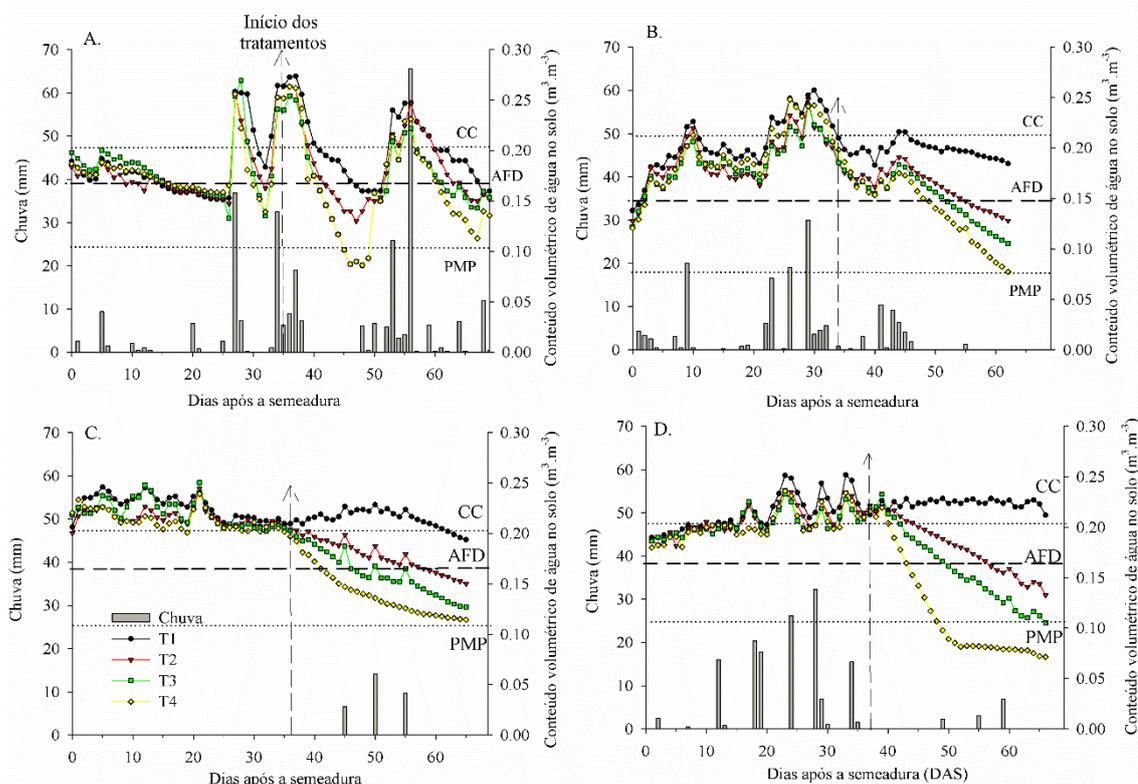
Em que: FMS<sub>l</sub> (%): fração de matéria seca dos legumes; MS<sub>l</sub> ( $\text{g.m}^{-2}$ ): matéria seca dos legumes e MSt ( $\text{g.m}^{-2}$ ): Matéria seca total.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Condições meteorológicas durante o experimento

No ano de 2013 (1º ano de avaliação), foram registradas, a temperatura do ar (Tar) média de 27,0 °C, umidade relativa do ar (UR) média de 74,22 % e um total de chuvas (Prp) de 273 mm. Durante o 2º ano (2014), observou-se Tar média de 28,1°C, com um total de chuvas de 158,5 mm e UR média de 82,2%. No 3º ano (2015), a região estava sob efeito do fenômeno climático El Niño (GRIMM; ACEITUNO, 2015), o que ocasionou uma redução das chuvas ao longo do ciclo (Figura 1C). Nesse ano, a Tar média foi de 28 °C, com UR média de 74,7% e chuva total de 30 mm devido a menor presença de nuvens. No ano de 2016 (4º ano), a Tar média foi de 27,3°C, com um total de chuvas de 153,4 mm e UR média de 73,8%.

**Figura 1.** Condições meteorológicas durante o experimento e nos tratamentos: T1= reposição de 100% da água (irrigação + chuva) perdida pela evapotranspiração da cultura (ETc), T2= reposição hídrica de 50% da ETc, T3= reposição hídrica de 25% da ETc e T4= sem reposição hídrica da ETc (0%), em relação aos dias após a semeadura do feijão-caupi, cv. BR3-Tracuateua, em Castanhal, PA nos anos de 2013 (A), 2014 (B), 2015 (C) e 2016 (D).



**Fonte:** Autores (2022).

CC= capacidade de campo, AFD= água facilmente disponível e PMP= ponto de murcha permanente.

Conforme observado na Figura 1, as condições meteorológicas durante os quatro anos de duração desta pesquisa (2013, 2014, 2015 e 2016) foram bastante similares entre si, uma vez que o ensaio foi repetido sempre no mesmo período do ano, entre setembro e novembro. Com exceção do observado em 2015, que apresentou redução do regime de chuvas em relação aos demais anos avaliados; portanto, nesse ano, houve menor suprimento de água, favorecendo o controle por irrigação durante a fase reprodutiva. A diminuição das chuvas, como já mencionado anteriormente, ocorreu por conta da influência do fenômeno El Niño.

No ano de 2013 não houve um controle eficiente da umidade do solo na fase reprodutiva devido, principalmente, a maior

frequência e quantidade de chuvas nessa fase quando comparada as demais fases observadas neste estudo (Figura 1A). Percebe-se a ocorrência de 201 mm de chuva dentro da fase reprodutiva no ano de 2013, fato este que não permitiu uma diferenciação significativa entre os tratamentos nesse ano, havendo apenas um período de aproximadamente dez dias em que o solo apresentou umidade abaixo do ponto limite de água facilmente disponível (AFD), retornando, porém, para valores próximos à capacidade de campo (CC) logo após aos 50 DAS (Figura 1A).

Devido ao menor regime de chuvas nos anos 2014, 2015 e 2016, quando comparados a 2013, a umidade do solo apresentou diferença entre os tratamentos

(Figura 1B, C, D). Ao longo da fase reprodutiva em 2014, a umidade do solo manteve-se abaixo da CC e acima do ponto de murcha permanente (PMP), atingindo abaixo da AFD no T4 e T3 aos 51 e 53 DAS, respectivamente, e bem mais precocemente em 2015, aos 42 DAS no tratamento T4 e aos 46 DAS no tratamento T3. Já no ano de 2016, a umidade abaixo da AFD foi atingida pelo tratamento T4 também mais rapidamente (aos 44 DAS) esgotando as reservas de água do solo. Os demais

tratamentos submeteram o feijão-caupi à disponibilidade de água distinta em função da lâmina irrigada na fase reprodutiva. A diferença encontrada no regime hídrico do solo é consequência das características da área experimental usada nos três consecutivos anos avaliados (2013, 2014 e 2015), uma vez que houve mudança de área entre os anos 2015-2016 por questões logísticas, além é claro, do regime de chuvas observado em cada experimento (Tabela 1).

**Tabela 1.** Manejo de irrigação durante a fase reprodutiva do feijão-caupi em Castanhal, PA, nos anos: 2013, 2014, 2015 e 2016, com a identificação dos tratamentos (0, 25, 50 e 100% de reposição hídrica da evapotranspiração da cultura-ETc) e dos valores da lâmina de irrigação (Irr.), chuva (Prp.), lâmina total aplicada (L.T.A) e déficit hídrico acumulado (DEF), todos expressos em mm.

Ano	(%ETc)	Vegetativo		Reprodutivo		L.T.A (mm)	Prod. (kg ha <sup>-1</sup> )	(DEF) (mm)
		Irr. (mm)	Prp. (mm)	Irr. (mm)	Prp. (mm)			
2013	100%			11,2		332,0	1319,9	0
	50%	47,7	71,9	5,6	201,2	326,4	1222,2	6,0
	25%			2,8		323,6	1188,5	14,0
	0%			-		320,8	817,9	23,0
2014	100%			93,9		328,0	1569,2	1,4
	50%	75,6	108,2	46,9	50,3	281,0	1233,5	7,0
	25%			23,5		257,6	1002,3	17,0
	0%			0		234,1	792,3	29,0
2015	100%			113,5		317,8	1474,1	0
	50%	173,8	0	56,7	30,5	261,0	1098,0	30,2
	25%			28,4		232,7	943,9	57,7
	0%			0		-	173,8	468,3
2016	100%			113,8		354,8	1597,1	0
	50%	87,6	141,2	56,9	12,2	297,9	1295,3	33,1
	25%			28,4		269,4	1069,8	59,0
	0%			0		-	228,8	684,3

## 5.2 Partição da matéria seca da parte aérea

Durante toda a fase vegetativa, até aproximadamente 30-35 DAS, os tratamentos receberam as mesmas quantidades de água, por conta disso, não apresentaram diferença significativa no

crescimento da planta. Os maiores valores de matéria seca total (MSt) no final desse ciclo foram obtidos para as unidades experimentais destinadas ao tratamento com reposição hídrica de 100% ETc, que atingiu 536,1; 517,5; 571,7 e 590,8 g.m<sup>-2</sup> nos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016, respectivamente. Por outro lado, nota-se que

quando o feijão-caupi foi exposto apenas às condições naturais, sem o uso da irrigação, durante a fase reprodutiva (T4), ele produziu biomassa total no final desse ciclo em torno

de 372,5; 433,4; 330,2 e 429,2 g.m<sup>-2</sup> nos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016, respectivamente (Tabela 2).

**Tabela 2.** Matéria seca acumulada em g.m<sup>-2</sup> das folhas, hastes e legumes no final das fases vegetativa (Veg.) e reprodutiva (Rep.) do feijão-caupi durante o período experimental nos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016.

	2013		2014		2015		2016	
	Veg.	Rep.	Veg.	Rep.	Veg.	Rep.	Veg.	Rep.
<b>Matéria seca total (g.m<sup>-2</sup>)</b>								
<b>T1</b>	103,9 a	536,1 a	215,2 a	517,5 a	199,4 a	571,7 a	125,3 a	590,8 a
<b>T2</b>	105,0 a	473,0 a	194,8 a	463,2 a	199,6 a	452,4 a	117,2 a	559,8 ab
<b>T3</b>	100,6 a	421,4 b	200,6 a	450,7 ab	172,3 a	400,0 b	120,5 a	526,1 b
<b>T4</b>	102,4 a	372,5 c	201,9 a	433,4 b	160,0 a	330,2 c	119,4 a	429,2 c
<b>Matéria seca das Folhas (g.m<sup>-2</sup>)</b>								
<b>T1</b>	64,6 a	104,2 a	119,3 a	112,2 a	127,2 a	115,3 a	72,5 a	155,4 a
<b>T2</b>	67,3 <sup>a</sup>	81,0 a	110,2 a	97,5 a	126,4 a	101,1 a	69,1 a	140,5 b
<b>T3</b>	60,9 a	64,1 b	106,7 a	95,2 a	111,4 a	74,7 b	67,5 b	142,3 b
<b>T4</b>	63,3 a	56,8 b	120,5 a	89,9 b	102,1 b	58,1 c	66,7 c	105,5 c
<b>Matéria seca da Haste (g.m<sup>-2</sup>)</b>								
<b>T1</b>	39,3 a	234,4 b	95,5 a	206,5 a	72,2 a	231,0 a	52,8 a	247,4 a
<b>T2</b>	37,7 a	200,7 a	84,6 a	186,8 b	73,2 a	155,8 b	48,2 a	247,8 a
<b>T3</b>	39,7 a	166,6 b	93,9 a	169,4 c	60,9 a	141,6 b	53,1 a	232,5 b
<b>T4</b>	39,2 a	166,7 b	81,4 a	171,5 c	57,9 a	108,9 c	52,7 a	190,1 c
<b>Matéria seca dos Legumes (g.m<sup>-2</sup>)</b>								
<b>T1</b>		197,6 a		225,8 a		252,8 a		184,3 a
<b>T2</b>		191,4 a		201,5 b		191,5 b		174,2 ab
<b>T3</b>		190,7 a		205,5 b		183,7 bc		151,3 bc
<b>T4</b>		149,0 b		192,8 c		160,4 c		133,6 c

\* Letras iguais nas colunas não diferem entre os tratamentos, pelo Teste Tukey a 5% de significância.

T1= reposição de 100% da água (irrigação + chuva) perdida pela evapotranspiração da cultura (ETc), T2= reposição hídrica de 50% da ETc, T3= reposição hídrica de 25% da ETc e T4= sem reposição hídrica da ETc (0%).

No ano de 2013, os tratamentos T2, T3 e T4 proporcionaram no final do ciclo reprodutivo, uma redução na biomassa total da parte aérea de 11,8; 21,4 e 30,5%, respectivamente, em resposta às deficiências hídricas acumuladas de 6; 14 e 23 mm, respectivamente. Em 2014, essas reduções foram de 10,5; 12,9 e 16,2%, respectivamente, referentes às deficiências hídricas de 7, 17 e 29 mm, respectivamente. No ano de 2015, a limitação hídrica na fase reprodutiva impôs deficiências hídricas de 30; 58 e 113 mm aos tratamentos T2, T3 e T4, respectivamente, causando reduções de

20,9; 30,0 e 42,2%, respectivamente. Já em 2016, as perdas na produção de biomassa total da parte aérea nesses tratamentos (T2, T3 e T4) chegaram a 5,3; 10,9 e 27,4%, respectivamente, em função de deficiências acumuladas a partir da fase reprodutiva, que corresponderam à 33, 59 e 94 mm, respectivamente.

A produção de matéria seca das folhas no final do ciclo, nos quatro anos de realização do experimento, foi influenciada pela restrição hídrica (Tabela 2). Desconsiderando o ano de 2013, no qual a ocorrência de chuvas na fase reprodutiva

manteve a água no solo dentro do intervalo facilmente disponível para as plantas de feijão-caupi até os 50 DAS (Figura 1A), não ocasionando; portanto, reduções tão drásticas nessa variável, notou-se nos demais anos uma diminuição significativa média de 45,4% na produção de folhas entre o tratamento com reposição hídrica de 100% da ETc (T1) e o não irrigado (T4), correspondendo a uma perda de biomassa nas folhas de 65,5 g m<sup>-2</sup>.

Padrão semelhante foi encontrado por Araújo (2014) que avaliou o desempenho agrônômico de cultivares de feijão-caupi submetidas à irrigação deficitária, obtendo redução da MSf da cultura à medida que se aumentou o período de deficiência hídrica. Como resposta ao déficit hídrico, as plantas tendem a restringir o acúmulo de biomassa, prejudicando o crescimento das plantas, limitando a dimensão das folhas individuais, o número de folhas e, por conseguinte, a área foliar total (MORAES, 2013).

Nos quatro anos de realização do experimento, a produção de matéria seca das hastes também sofreu influência da restrição hídrica, reduzindo em média 41,9% da biomassa direcionada às hastes das plantas no final do ciclo reprodutivo ao se comparar os tratamentos com reposição hídrica de 100% da ETc (T1) e o não irrigado (T4) (Tabela 2), representando uma perda média de 143,6 g m<sup>-2</sup>, uma vez que reduções no suprimento hídrico inibem o crescimento do caule (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Nos anos avaliados, a produção de matéria seca dos legumes foi maior para o tratamento T1 (com reposição hídrica de 100% da ETc), haja vista que o mesmo não sofreu déficit hídrico. Observou-se no final do ciclo reprodutivo, uma redução média de 42,6% na produção de biomassa nos legumes quando os resultados médios do T1 foram comparados aos do tratamento T4, ocorrendo uma perda média de 96,5 g.m<sup>-2</sup> (Tabela 2). Não se verificou diferença

significativa entre os tratamentos T1 (reposição hídrica de 100% da ETc) e T2 (reposição hídrica de 50% da ETc).

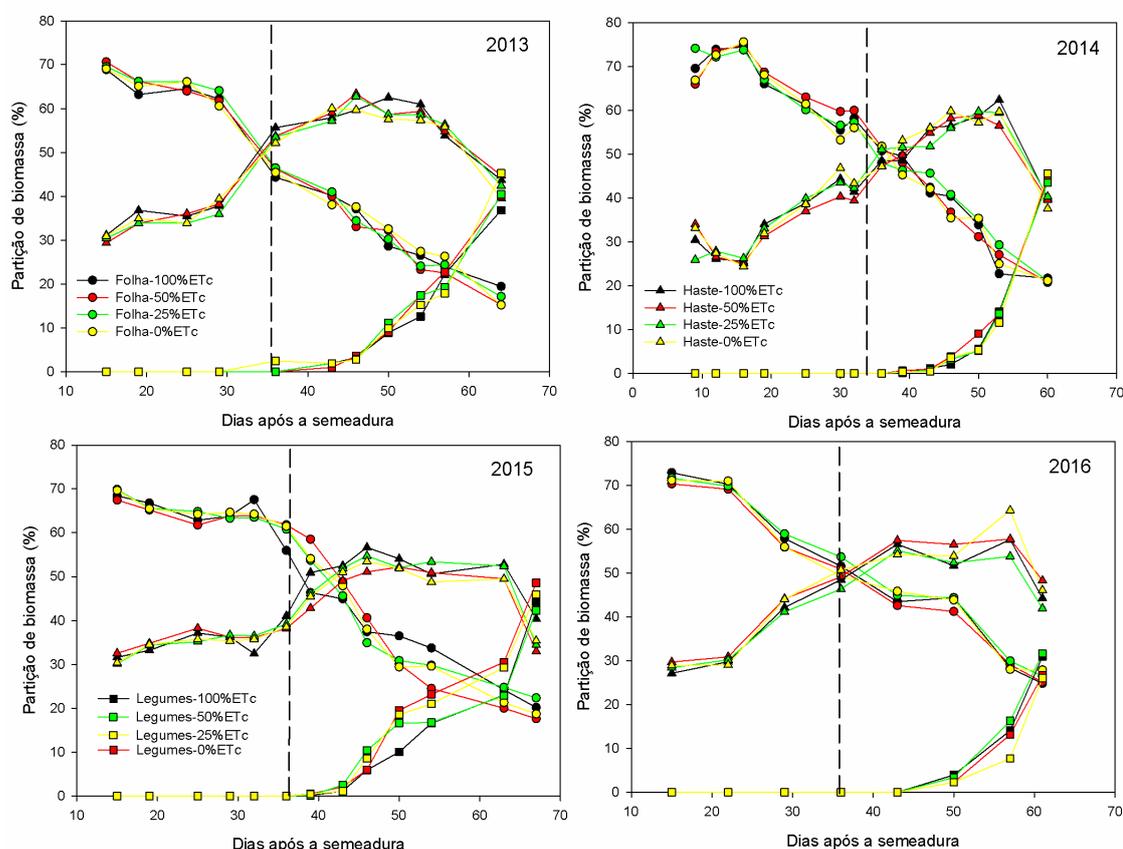
Oliveira *et al.* (2014) constataram que o déficit hídrico na fase reprodutiva aumentou o abortamento de flores do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). Enquanto os resultados de Mendes *et al.* (2007) demonstraram que houve reduções significativas nos números de vagens de duas cultivares de feijão-caupi em função da ausência de reposição hídrica em intervalos de 7 a 8 dias durante a fase reprodutiva.

Segundo Silva *et al.* (2010), a deficiência hídrica inviabiliza nas plantas diversos processos fisiológicos e metabólicos, ocasionando diminuição da produtividade, visto que a água é um dos principais responsáveis pela regulação dos estômatos. Tal comportamento pode ser explicado como um dos mecanismos de tolerância à seca utilizado pelo feijão-caupi, no sentido da planta buscar melhores condições para superar a falta de água, o que resulta em uma menor produção de vagens e pouca quantidade de grãos por vagem (RAMOS *et al.*, 2014; DUTRA *et al.*, 2015).

### 5.3 Fração de alocação de biomassa da parte aérea

Embora a deficiência hídrica tenha afetado a produção total de biomassa da parte aérea e tenha reduzido significativamente a quantidade de biomassa produzida nas diferentes partes da planta, apresentando diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, percebe-se que a fração de matéria seca das partes analisadas seguiu o mesmo padrão de alocação nos quatro tratamentos, não os diferindo estatisticamente entre si, o que mostra que a falta de água não influenciou na fração de distribuição de fotoassimilados e na relação fonte-dreno do feijão-caupi em todos os anos avaliados (Figura 2).

**Figura 2.** Fração da matéria seca das folhas (●), hastes (▲) e legumes (■) nos tratamentos: T1= reposição hídrica de 100% da ETc (preto), T2= reposição hídrica de 50% da ETc (verde), T3= reposição hídrica de 25% da ETc (amarelo) e T4 0% sem reposição hídrica da ETc (vermelho), em relação aos dias após a semeadura do feijão-caupi, cv. BR3-Tracueteua, em Castanhal, PA, nos anos: 2013, 2014, 2015 e 2016.



Fonte: Autores (2022).

O padrão de evolução das frações de matéria seca acumulada nas folhas (%F), nas hastes (%H) e nos legumes (%L) ao longo do ciclo foi semelhante para os quatro anos de experimentação independentemente da limitação hídrica, havendo maior alocação inicial nas folhas (aproximadamente 71%), com uma mudança pronunciada na alocação de biomassa para as folhas ao longo do ciclo, visto que a %F reduziu de ~71% (início do ciclo) para ~20% no final do ciclo. Este processo é natural nas plantas, uma vez que ocorre a translocação de assimilados produzidos pela fotossíntese para outras partes da mesma, sendo esse processo maior durante a fase reprodutiva, na qual há maior demanda para o crescimento dos grãos e; portanto, há a translocação de

fotoassimilados das folhas para os grãos, provocando a senescência das folhas (SINCLAIR *et al.*, 2007).

Borges *et al.* (2012) estudando a distribuição da matéria seca em feijão-caupi, cultivar BR3267, inoculada com rizóbio, também observaram que aproximadamente 71% da razão do peso foi direcionada para as folhas após 15 dias da emergência. Já Teixeira; Stone; Heinemann (2015) encontraram uma fração inicial de biomassa nas folhas de dois cultivares de feijoeiro correspondente a 65% da biomassa total da parte aérea.

Por outro lado, observa-se um aumento acentuado na fração de matéria seca das hastes (%H), a qual apresentou no início do ciclo, valor médio em torno de

30%, e devido ao surgimento de pedúnculos no início do período de florescimento (36 DAS), ocorreu um aumento no %H, que atingiu valor máximo entre 43 e 50 DAS, no estágio R8, no qual alcançou %H próximo de 60%. Para o feijoeiro comum, foram observadas frações iniciais de matéria seca das hastes de 40%, chegando a atingir 50% na fase de enchimento de grãos (R8), com contínua redução a partir desse estágio em função do início da fase linear de crescimento da vagem (TEIXEIRA; STONE; HEINEMANN, 2015).

Freitas *et al.* (2014) observaram que o acúmulo de massa seca no caule do feijão-caupi, cv. BRS Guariba, sob efeito de veranico, apresentou um crescimento lento até os 36 DAS, seguido de um crescimento acelerado e estabilização a partir dos 49 DAS, comportamento similar ao encontrado neste trabalho para a cultivar BR3-Tracuateua. Resultados semelhantes foram também constatados por Vieira (2006) ao estudar o crescimento e marcha de absorção de nutrientes nas cultivares BRS-mg talismã e ouro negro, nas quais o autor observou padrão semelhante no avanço do acúmulo de matéria seca das hastes no início do ciclo até a floração.

Nota-se que após a transição da fase R7 para R8, em torno dos 45 DAS, o feijão-caupi passou a investir os fotoassimilados para a produção de vagens, as quais se tornaram o dreno principal até a maturação, correspondendo a uma fração média de 39%, enquanto as folhas e as hastes receberam em média 21 e 40% da biomassa total da parte aérea, respectivamente, independentemente da disponibilidade hídrica.

Apesar da não obtenção dos resultados referentes à biomassa das raízes, a cultivar utilizada neste trabalho possui hábito indeterminado (FREIRE FILHO *et al.*, 2009) e por não ter havido limitação hídrica entre os tratamentos até o início da fase reprodutiva, supõe-se que qualquer possível modificação na estrutura do sistema radicular, que já estaria em pleno

desenvolvimento, só tenha iniciado a partir dos 35 DAS.

Alguns trabalhos realizados com outras culturas identificaram respostas similares, justificando que a manutenção da partição de assimilados na presença de deficiência hídrica, normalmente, pode estar associada a um aumento significativo na quantidade de biomassa alocada nas raízes, o que representa uma forma de compensação das plantas em resposta ao déficit hídrico (LIU; STUTZEL, 2004; WU *et al.*, 2008), ou seja, um mecanismo de adaptação à falta de água (SHAO *et al.*, 2008). Para o caso do feijão-caupi, Aquino *et al.* (2017) observaram, porém, que na presença de água salina ocorre redução na alocação de assimilados para as raízes com o aumento da salinidade.

Silva *et al.* (2017) analisaram o efeito do déficit hídrico em mudas de mangabeira e encontraram um padrão semelhante na fração de biomassa alocada nas raízes, folhas e hastes nas mudas que se encontravam em situações de déficit hídrico moderado, comparadas às que estavam sem déficit, havendo alteração na partição apenas em situações de déficit severo, que foi correspondente a 20% da umidade na capacidade campo.

O padrão de alocação de biomassa nas diferentes partes da planta em resposta à falta de água no solo é uma característica de cada tipo de planta e cada espécie e depende do nível do déficit hídrico, mas de forma geral, nota-se que sob déficits hídricos severos, as raízes tornam-se responsáveis por manter um *status* hídrico adequado na planta, sendo uma estratégia adaptativa para explorar níveis mais profundos do solo (SHAO *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2010). Uma redistribuição de matéria seca para as raízes caracteriza-se como uma adaptação morfológica da planta ao estresse hídrico para reduzir sua superfície evapotranspirante (ÁLVAREZ *et al.*, 2011).

Na presença de deficiência hídrica na fase reprodutiva, o aumento necessário do

sistema radicular nas plantas como estratégia de adaptação à falta de água demandará alocação de assimilados (SHAO *et al.*, 2008) que normalmente estão sendo translocados para a formação das vagens (TAIZ; ZEIGER, 2013). Logo, se inicia uma competição entre a parte inferior e a superior da planta por assimilados, proporcionando redução na sua biomassa aérea e incremento na sua biomassa de raízes, o que, segundo Marcelis; Heuvelink; Goudriaan (1998) é explicado pela teoria do equilíbrio funcional da planta, na qual a distribuição de assimilados entre a raiz e a parte aérea é regulada por um equilíbrio entre a atividade de ambas as partes da planta.

Embora neste trabalho não tenha sido possível mensurar a biomassa das raízes, supõe-se que uma possível razão para a não modificação no padrão de distribuição da biomassa (em termos percentuais) na presença de deficiência hídrica, seja a necessidade de realocação dos assimilados para a raiz sem, porém, alterar a fração direcionada para os diferentes órgãos da parte aérea.

## 6 CONCLUSÕES

Em condições ambientais próximas as apresentadas neste trabalho, para uma produção de matéria seca e de produtividade elevadas, o feijão-caupi necessita de 100% da reposição hídrica da ET<sub>c</sub> durante sua fase reprodutiva. Ressalta-se também, que resultados estatisticamente semelhantes para tais variáveis podem ser alcançados com a reposição hídrica de apenas 50% da ET<sub>c</sub>.

O padrão de alocação de assimilados (frações em termos percentuais de matéria seca nas folhas, hastes e legumes) do feijão-caupi não se altera com o déficit hídrico, entretanto, sua magnitude pode ser severamente reduzida com a redução da água disponível do solo.

## 7 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa por meio do projeto Universal (processo nº 483402/2012-5) e pela bolsa de produtividade em pesquisa do primeiro autor (processo nº 311145/2013-2).

## 8 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; HOWELL, T. A.; JENSE, M. E. Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, p. 899-920, 2011.
- ÁLVAREZ, S.; NAVARRO, A.; NICOLÁS, E.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Transpiration, photosynthetic responses, tissue water relations and dry mass partitioning in Callistemon plants during drought conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 129, n. 2, p. 306-312, 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas de irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília, DF: ANA, 2017.
- ARAÚJO, M. E. B. **Estratégias de irrigação deficitária no desempenho agrônomo de cultivares de feijão-caupi no litoral cearense**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- AQUINO, J. P. A.; BEZERRA, A. A. C.; ALCÂNTARA 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.

- BASTOS, E. A.; FERREIRA, V. M.; SILVA, C. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no vale do Gurguéia. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 182-190, 2008.
- BORGES, S. P. R.; SABOYA, R. C. C.; SABOYA, L. M. F.; SANTOS, E. R.; SOUZA, E. S. A. Distribuição de massa seca e rendimento de feijão-caupi inoculadas com Rizóbio em Gurupi, TO. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 37-44, 2012.
- CARVALHO, H. P.; DOURADO NETO, D.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 221-229, 2011.
- DUTRA, A. F.; MELO, A. S.; FILGUEIRAS, L. M. B.; SILVA, A. R. F.; OLIVEIRA, I. M.; BRITO, M. E. B. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 2, p. 189-197, 2015. DOI: 10.5039/agraria.v10i2a3912. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v10i2a3912>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- FARIAS, V. D. S.; COSTA, D. L. P.; SOUZA, P. J. O. P.; TAKAKI, A. Y.; LIMA, M. J. A. Temperaturas basais e necessidade térmica para o ciclo de desenvolvimento do feijão-caupi. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 11, n. 21, p. 1781-1793, 2015.
- FEIJÃO-CAUPI. Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos, Brasília, DF, v. 05, n. 08, p. 63-83, mai. 2018. Safra 2017/18, Oitavo levantamento.
- FREIRE FILHO, F. R.; CRAVO, M. S.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; CASTELO, E. O.; BRANDÃO, E. S.; BELMIRO, C. S.; MELO, M. Í. S. BRS Milênio e BRS Urubuquara cultivares de feijão-caupi para a região Bragantina do Pará. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 6, p. 749-752, 2009.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; LOPES, A. C. A. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 24-30, 2005.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO, 4., 2011, Teresina. **Anais [...]** Teresina: EMBRAPA; CPAMN, 2011. p. 21-42.
- 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.
- GRIMM, A. M.; ACEITUNO, P. El Niño, Novamente! **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 351-357, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620152000>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/LsJdbVvPrjy5tdmZc5YHywK/?lang=pt>. Acesso em: 13 jun. 2022.
- LIMA, J. V.; LOBATO, A. K. S. Brassinosteroids improve photosystem II

efficiency, gas exchange, antioxidant enzymes and growth of cowpea plants exposed to water deficit. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, New York, v. 23, n. 1, p. 59-72, 2017.

LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 102, n. 1, p. 15-27, 2004.

MARCELIS, L. F. M.; HEUVELINK, E.; GOUDRIAAN, J. Modelling biomass production and yield of horticultural: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 74, n. 1/2, p. 83-111, 1998.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão-decorda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 95-103, 2007.

MORAES, L.; SANTOS, R. K.; WISSER, T. Z.; KRUPPEK, R. A. Avaliação da área foliar a partir de medidas lineares simples de cinco espécies vegetais sob diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Biociência**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 381-387, 2013.

NUNES, H. G. G. C.; SOUSA, D. P.; MOURA, V. B.; FERREIRA, D. P.; PINTO, J. V. N.; VIEIRA, I. C. O.; FARIAS, V. D. S.; OLIVEIRA, E. C.; SOUZA, P. J. O. P. Performance of the AquaCrop model in the climate risk analysis and yield prediction of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Australian Journal of Crop Science**, Sydney, v. 13, n. 7, p. 1105-1112, 2019.

OLIVEIRA, A. E. S.; SIMEÃO, M.; MOUSINHO, F. E. P.; GOMES, R. L. F. Desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseolus*

*lunatus* L.) sob déficit hídrico cultivado em ambiente protegido. **Holos**, Teresina, v. 1, n. 30, p. 143-151, 2014.

PALARETTI, L. F.; ZANINI, J. R.; VECHIATO, D. A.; DALRI, A. B.; FARIAS, R. T. Análise dos coeficientes de uniformidade de aplicação de microaspersores. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 01, p. 89-98, 2018. DOI: 10.15809/irriga.2016v1n01p89-98.

Disponível em:

<https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1712>. Acesso em: 13 jun. 2022.

RAMOS, T. B.; GONÇALVES, M. C.; MARTINS, J. C.; PEREIRA, L. S. Comparação de diferentes funções de pedotransferência para estimar as propriedades hidráulicas em Portugal. *In*: GONÇALVES, M. C.; RAMOS, T. B.; MARTINS, J. C. **Solo: Produção Agrária e Sustentabilidade dos Ecossistemas**. Oeiras: INIAV, cap.1, p. 29-34, 2014.

SHAO, H. B.; CHU, L. Y.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus - Biologies**, Paris, v. 331, n. 3, p. 215-225, 2008.

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

SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A. Produção de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 29-36, 2011.

SILVA, W. C.; MOURA, J. G.; OLIVEIRA, A. B.; FERREIRA, L. E.; SILVA, T. M. Growth and gas exchange in

- cowpea plants under different managements and saline conditions. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 5, p. 756-764, 2017.
- SINCLAIR, T. R.; SALADO-NAVARRO, L. R.; SALAS, G.; PURCEL, L. C. Soybean yields and soil water status in Argentina: simulation analysis. **Agricultural Systems**, Amsterdam, v. 94, n. 2, p. 471-477, 2007.
- SOUZA, P. J. O. P.; FARIAS, V. D. S.; LIMA, M. J. A.; RAMOS, T. F.; SOUSA, A. M. L. Cowpea leaf area, biomass production and productivity under different water regimes in Castanhal, Pará, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 748-759, 2017.
- SOUZA, P. J. O. P.; FARIAS, V. D. S.; PINTO, J. V. N.; NUNES, H. G. G. C.; SOUZA, E. B.; FRAISSE, C. W. Yield gap in cowpea plants as function of water deficits during Reproductive stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 6, p. 372-378, 2020a.
- SOUZA, P. J. O. P.; FERREIRA, D. P.; SOUSA, D. P.; NUNES, H. G. G. C.; BARBOSA, A. V. C. Gas exchange of cowpea cultivated in Northeast of Pará in response to imposed water deficit during Reproductive phase. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 13-22, 2020b.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. São Paulo: Artmed Editora, 2013.
- TEIXEIRA, G. C. S.; STONE, L. F.; HEINEMANN, B. Eficiência do uso da radiação solar e índices morfofisiológicos em cultivares de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 9-17, 2015.
- TONATO, F.; BARIONI, L. G.; PEDREIRA, C. G.; DANTAS, O. D.; MALAQUIAS, J. V. Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 5, p. 522-529, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/B3fW8YhjT9jGpmMFC76t7kQ/?lang=pt>. Acesso em: 13 jun. 2022.
- URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.
- VIEIRA, N. M. B. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs. BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- VIEIRA, M.I., DE MELO J.P., FERREIRA M.E., MONTEIRO A.A. Dry matter and area partitioning, radiation interception and radiation use efficiency in open-field Bell pepper. **Scientia horticultrae** v.121, n.4, p.404-409, 2009.
- WU, W. Q.; SU, X. Y.; XIA, Y.; WANG, Y. S.; LUAN, L. J. Suaeda liaotungensis kitag betaine aldehyde dehydrogenase gene improves salt tolerance of transgenic maize mediated with minimum linear length of DNA fragment. **Euphytica**, Wageningen, v. 159, n. 1-2, p. 17-25, 2008.