

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL**

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**USO DE TENSIOMETRIA E BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO
NO MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI CV. BRS PUJANTE**

JOERLANDES DE SOUSA RODRIGUES

**PETROLINA, PE
2018**

JOERLANDES DE SOUSA RODRIGUES

**USO DE TENSIOLOGIA E BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO
NO MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI CV. BRS PUJANTE**

Artigo apresentado ao IF Sertão-PE,
Campus Petrolina Zona Rural, como
Trabalho de Conclusão de Curso, exigido
para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

**PETROLINA, PE
2018**

R696

Rodrigues, Joerlandes de Sousa.

Uso de tensiometria e balanço hídrico climatológico no manejo de irrigação do feijão-caupi cv. BRS Pujante / Joerlandes de Sousa Rodrigues. - 2018.
27 f.: il. ; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia)-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2018.

Bibliografia: f. 20-24.

1. Irrigação. 2. Feijão-caupi. 3. Petrolina-PE.
I. Título.

CDD 631.587



SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO SERTÃO PERNAMBUCANO

FOLHA DE APROVAÇÃO

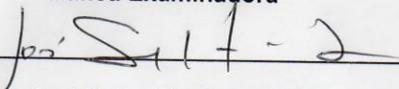
Joerlandes de Sousa Rodrigues

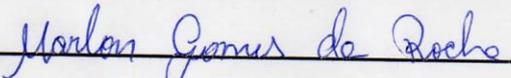
**USO DE TENSIOMETRIA E BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO
MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI CV. BRS PUJANTE**

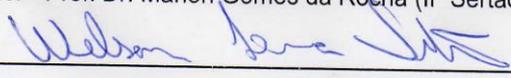
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo, pelo Instituto Federal de
Educação, Ciências e Tecnologia Sertão
Pernambucano, Campus Petrolina Zona
Rural.

Aprovado em: 27 de Março de 2018

Banca Examinadora


Orientador – Prof. Dr. José Sebastião Costa de Sousa (IF Sertão-PE)


2º Examinador - Prof. Dr. Marlon Gomes da Rocha (IF Sertão-PE)


3º Examinador - Pesquisador Dr. Welson Lima Simões. (Embrapa Semiárido)

DEDICATÓRIA

À minha mãe Josefa de Sousa Rodrigues, meu pai Sebastião de Brito Rodrigues, meus irmãos Solisdete, Soleandro e Samara e aos meus sobrinhos Davi, João Levi, Maria Elisa, André Luiz, Mariana e Pedro Lucas. A estes gostaria de expressar meu eterno amor e gratidão pela compreensão, apoio e contribuição para minha formação acadêmica. São à base de tudo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus responsável pelo dom da vida e aos meus familiares. Mãe, seus cuidados e dedicação fizeram-me que jamais desistisse, Pai sua firmeza e atenção deram-me a certeza de seguir, meus irmãos, foram meu escudo e amparo e meus sobrinhos minha alegria e acalento. Esse resultado é nosso!

Ao IF Sertão-PE, Campus Petrolina Zona Rural, minha casa acadêmica por esses anos de graduação que oportunizou a janela que vislumbro em um horizonte superior e a Embrapa Semiárido pela parceria na realização deste trabalho.

Ao meu orientador Professor José Sebastião Costa de Sousa por sua dedicação, paciência, contribuição e cuidado ao guiar-me no campo da irrigação. Estendo também ao professor Marlon Gomes da Rocha e o pesquisador Welson Lima Simões que cederam parte de seu tempo para contribuírem com este trabalho.

Aos docentes, em especial Aline Rocha, Flávia Cartaxo, Carla Wanderley, Andrea Nunes, Ellio Chagas e Erbs Cintra que com dedicação proporcionaram-me não apenas conteúdo, mas orientação e conhecimentos pra vida. Além dos servidores que foram prestativos no atender, no qual agradeço nas pessoas de Socorro, Graciene e Giovanna pelas quais tenho gratidão.

Aqui quero expressar aos meus colegas da AG04, todo carinho, respeito e gratidão pelas alegrias, tristezas e desafios vencidos “semestre após semestre nosso de cada dia”, em especial Maria Gilzete e a “Máfia” Andrei Dias, Aldeny Araújo e Danilo Michel, amigos sempre presentes nos nossos melhores resultados dessa jornada.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte na minha formação.

USO DE TENSIOMETRIA E BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI CV. BRS PUJANTE

Joerlandes de Sousa Rodrigues¹, José Sebastião Costa de Sousa²

RESUMO

Apesar de o Brasil encontrar-se entre os maiores produtores mundiais de feijão, a baixa produtividade do gênero *Vigna unguiculata* nas regiões norte e nordeste do país torna-se um fator de destaque considerando-se que o manejo correto da irrigação está sendo uma prática fundamental para a sustentabilidade na agricultura moderna. Neste intuito, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o manejo de irrigação tensiométrica e a partir do balanço hídrico climatológico, com uso de Kc dual nos atributos produtivos do feijão-caupi (*V. unguiculata* L. cv. BRS Pujante). O trabalho foi realizado no município de Petrolina-PE, em delineamento experimental de blocos casualizados com 12 repetições. Avaliou-se número de vagens por planta, comprimento de vagens, peso de cem grãos, número de grãos por vagens, produtividade total de grãos e eficiência no uso da água (EUA). Observou-se diferença significativa apenas para a EUA, que foi de 7,4 e 3,4 kg mm⁻¹ ha⁻¹ para o manejo tensiométrico e balanço hídrico climatológico, respectivamente. O uso da lâmina de apenas 183,75 mm com o manejo tensiométrico proporcionou uma economia de 55% quando comparado com o manejo por balanço hídrico, gerando uma produtividade média obtida de 1.454,68 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* L., produtividade, uso eficiente da água, Kc dual.

¹ Graduando em Engenharia Agrônoma, Instituto Federal do Sertão Pernambucano – Campus Petrolina Zona Rural. PE 647, Km 22, PISNC N-4, Zona Rural, Cx. Postal 277 - Petrolina – Pernambuco – Brasil. CEP: 56.302-970 / Telefone: (87) 98828.6803 / e-mail: joerlandes@hotmail.com

² Doutor em Engenharia Agrícola (Irrigação e drenagem), Instituto Federal do Sertão Pernambucano – Campus Petrolina Zona Rural. PE 647, Km 22, PISNC N-4, Zona Rural, Cx. Postal 277 - Petrolina – Pernambuco – Brasil. CEP: 56.302-970 / Telefone: (87) 2101.8050 / e-mail: sebastiao.costa@ifsertao-pe.edu.br

USE OF TENSIOMETRY AND CLIMATOLOGICAL BALANCE IN THE IRRIGATION MANAGEMENT OF CAUPI BEANS CV. BRS PUJANTE

ABSTRACT

Although Brazil is among the world's largest bean producers, the low productivity of the genus *Vigna unguiculata* in the northern and northeastern regions of the country becomes a prominent factor considering that the correct management of irrigation is a fundamental practice for sustainability in modern agriculture. The objective of this work was to evaluate the management of tensiometric irrigation and the water balance, using dual Kc in the productive attributes of cowpea (*V. unguiculata* L. cv. BRS Pujante). The work was carried out in the municipality of Petrolina-PE, in a randomized complete block design with 12 replicates. Number of pods per plant, pod length, weight of one hundred grains, number of grains per pods, total grain yield and water use efficiency were evaluated. A significant difference was observed only for the USA, which was 7.4 and 3.4 kg mm⁻¹ ha⁻¹ for the tensiometric management and climatological water balance, respectively. The use of the only 183.75 mm blade with the tensiometric management provided a saving of 55% when compared to the water balance management, generating an average productivity obtained of 1,454.68 kg ha⁻¹.

Key words: *Vigna unguiculata* L., productivity, efficient use of water, dual Kc.

INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado como um dos maiores produtores mundial de feijão, estando em terceiro lugar no ranque e com distribuição produtiva em todo o território nacional (CONAB, 2017). Esta cultura tem papel relevante e de alta visibilidade na dieta alimentar do brasileiro, sendo de grande importância como fonte de proteínas, carboidratos e minerais (principalmente o ferro) de origem vegetal (AZEVEDO et al., 2015; GOMES et al., 2017).

No território brasileiro existe a presença de dois gêneros de interesse econômico, sendo o *Phaseolus vulgaris* L., conhecido popularmente como feijão-comum, e o *Vigna unguiculata* L. vulgarmente chamado de feijão-caupi, feijão-de-corda, feijão-macassar e feijão-fradinho. Ambos os gêneros pertencem à família Fabaceae (SOUZA et al., 2016). No Brasil, o gênero *V. unguiculata* apresenta-se com áreas de cultivos principalmente nas regiões Norte e Nordeste, tendo apresentado no último ano um crescimento próximo de 22% na produção nacional (CONAB, 2017).

Diante desse aspecto é notório a sua importância econômica e social, visto que, é possível verificar seu cultivo nos mais variados níveis tecnológicos, e maiores áreas plantadas para esse gênero nas regiões de elevadas temperaturas, alta umidade relativa do ar e maior semiaridez do Brasil (BORÉM e CARNEIRO, 2013).

É válido salientar a baixa produtividade nacional obtida no cultivo do feijão-caupi. Segundo dados de Borém e Carneiro (2013) e da CONAB (2017), o rendimento médio da cultura é da ordem de 700 a 1.000 kg por hectare, sendo este considerado baixo. Com isso, a irrigação passa a ser uma prática fundamental para a potencialização produtiva da cultura, principalmente nos locais que apresentem problemas na disponibilidade hídrica (RAMOS et al., 2012; SOUZA et al., 2016).

Assim, para que seja possível obter melhores produtividades dessa cultura é preciso ajustar a relação solo-água-planta para cada variedade desenvolvida em diferentes regiões e cenários produtivos sociais e econômicos (RAMOS et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015; LOCATELLI et al., 2016; GONÇALVES et al., 2017).

Souza et al. (2016) abordam que pouco se sabe a respeito da influência do manejo racional de irrigação sobre características produtivas da cultura de feijão no gênero *Vigna* a exemplo da cultivar BRS Pujante, sendo esta cultivar desenvolvida pela Embrapa Semiárido, através do melhoramento pelo cruzamento das linhagens dos genótipos ‘TE 90-180-26F’ X ‘Epace 10’ que se caracteriza por ser de hábito de crescimento indeterminado, porte semiramador, folha globosa, cor da flor roxa e desuniforme, cor da vagem seca marrom, cor do grão seco marrom a sempre verde e inserção das vagens acima da folhagem e com ampla adaptação ao sertão brasileiro (SANTOS; SANTOS e RODRIGUES, 2007).

Como a disponibilidade hídrica é um dos fatores limitantes na produção do feijão-caupi em condições semiáridas, investigações abrangentes sobre a influência da irrigação no cultivo dessa leguminosa pode gerar ganhos consideráveis em produtividade e uso eficiente da água (MOUSINHO et al., 2008; BLANCO et al., 2011; RAMOS et al., 2012).

Visto isso, Ferreira et al. (2015) e Souza et al. (2016) comentam que para se promover um fornecimento hídrico adequado no período mais crítico da cultura é necessário a incorporação de estratégias de controle do umedecimento no solo. O uso de tensiometria e o balanço hídrico climatológico, por meio da demanda evapotranspirométrica da cultura (DOORENBOS e PRUITT, 1977), são os métodos mais difundidos em escala de pequeno e médio produtor rural.

A evapotranspiração da cultura (E_{Tc}), obtida a partir do produto entre a evapotranspiração de referência (E_{To}) e o coeficiente da cultura (K_c), é o fator principal no manejo da irrigação realizada a partir do balanço hídrico da cultura. Os valores de K_c podem

ser obtidos na literatura especializada para diversas cultura, estádios fenológicos e condições edafoclimáticas (ALLEN et al., 2006). Autores, como Couto et al. (2015), enfatizam que no uso do método do Kc dual, junção da componente de evaporação do solo (Ke) e da transpiração da cultura, ou basal (Kcb), ocorre uma melhor percepção das frações de água utilizadas na irrigação da cultura, permitindo identificar as épocas e componentes preponderantes no uso desse recurso natural.

No caso do uso de tensiômetros, que funciona a partir do equilíbrio hidro-edáfico entre a água existente no corpo do tensiômetro e o potencial matricial do solo, o valor recomendado por Marouelli (2008) como limite entre o conforto e o déficit hídrico da cultura do feijão é de 40 kPa para a tensão matricial do solo. Ou seja, a disponibilização de água para a cultura via irrigação, segundo este autor, deverá acontecer apenas quando a tensão de retenção de água no solo registrada pelo tensiômetro for de 40 kPa.

Assim, este trabalho objetivou identificar o melhor método (tensiometria ou balanço hídrico climatológico) de manejo de irrigação para o cultivo irrigado de feijão-caupi (*V. unguiculata* L).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano - IF Sertão-PE, Campus Petrolina Zona Rural, situado na rodovia 647, km 22, Projeto Senador Nilo Coelho, Núcleo 4 (PSNC-N4), na cidade de Petrolina-PE, latitude 09°20'14,31" Sul e longitude 40°42'1,23" Oeste e altitude de 412 metros, no período de setembro a novembro de 2017. A região apresenta classificação climática de Köppen do tipo BSh, ou seja, semiárido muito quente e com quadra chuvosa no verão estendendo-se para o início do outono (AZEVEDO et al., 2003).

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Amarelo, cujo histórico de uso foi pelo cultivo de mangueira (*Mangifera indica* L.) e posteriormente com o plantio de melão (*Cucumis melo* L.).

Inicialmente foi realizada a coleta de amostra composta de solo na profundidade de 0 - 0,20 m e encaminhada para análises químicas, seguindo a preparação da área com aração e gradagem, depois instalou-se o sistema de irrigação sendo adotado o método localizado por gotejamento (turbogotejador DN 16 mm, emissores a cada 0,30 m). Foram feitos testes de vazão e eficiência do sistema, obtendo-se vazão unitária média de 3,5 L h⁻¹ à pressão de serviço de 1,0 kgf cm⁻²; 97,7 % de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e eficiência de 87,93%.

A adubação foi conduzida com base na análise química do solo (Tabela 1) e no manual de recomendação de adubação para o estado de Pernambuco (CAVALCANTI et al., 2008), via fertirrigação de forma parcelada. O controle de plantas espontâneas foi efetuado com a aplicação de herbicidas pré e pós-emergentes recomendados para cultura e uso de inseticidas para o controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa*), cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*) e fungicida para o controle de *Oidium* sp. Para os demais tratamentos culturais, seguiu-se o comumente recomendado para a cultura.

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo da área experimental

pH (1:25)	CE	P _{disp.}	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	V	Dg	CC	PMP
H ₂ O	dS m ⁻¹	mg kg ⁻¹			----	cmol. kg ⁻¹ ----			%	g cm ⁻¹	%	Peso
7,33	0,54	33,62	0,38	0,04	1,16	0,38	0,0	0,66	75	1,60	12,44	6,22*

* Definido como 50% da CC

O plantio foi conduzido com semeadura no espaçamento de 1,00 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas tendo 3 sementes por cova a uma profundidade de 2 cm. O desbaste foi realizado quando as plantas encontravam-se entre o estágio fenológico V3 (primeira folha trifoliolada, com folíolos expandidos) e V4 (terceira folha trifoliolada com folíolos expandidos), mantendo uma planta por cova.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com dois tratamentos, manejos de irrigação a partir do balanço hídrico climatológico – BHC e tensiométrico – TENS, com 12 repetições.

O manejo da irrigação foi obtido dividindo-se o ciclo da cultura em quatro estádios de desenvolvimento conforme proposto por Allen et al. (2006) sendo o estágio I (inicial) do plantio até 10% de cobertura do solo; estágio II (vegetativo), do final do estágio I até cerca de 80% de cobertura do solo; estágio III (reprodutivo – florescimento e enchimento de grãos), de 80% de cobertura do solo até o início da maturação e o final (estádio IV), da maturação até a colheita. As delimitações das datas de ocorrência dos estádios fenológicos da cultura foram feitas a partir de observações visuais do cultivo.

A irrigação foi uniforme nos primeiros 15 dias (estádio I) para ambos os tratamentos, visando o estabelecimento das plantas em todas as parcelas experimentais, os tratamentos foram aplicados, portanto a partir do décimo sexto dia de ciclo.

As lâminas de irrigação para o BHC consistiram da reposição da água evapotranspirada pela cultura (ET_c), estimada a partir do produto entre a evapotranspiração de referência (ET_o), o K_c dual da cultura, sendo ambos obtidos na metodologia de Allen et al. (2006) e o coeficiente de localização (KL). Para o KL foi utilizado-se a equação de Keller e Bliesner (1990).

As precipitações ocorridas no decorrer do experimento foram descontadas da ET_c na determinação da lâmina de irrigação. A ET_o foi obtida diariamente de uma estação agrometeorológica automática, marca Davis, modelo vantage pro 2, localizada a cerca de 900 m da área experimental. Para determinar o K_c dual (equação 1) fez-se a relação entre o coeficiente de cultura basal (K_{cb}) no qual representou a transpiração da planta mais o coeficiente de evaporação (K_e) como representante da evaporação da superfície.

$$K_{c_{dual}} = K_{cb} + K_e \quad (1)$$

Os valores de K_{cb} foram obtidos para as diferentes fases, sendo ajustados conforme as condições climáticas locais diárias e da cultura pela Equação 2.

$$K_{cb} = K_{cb_{tab}} + [0,04 (U_2 - 2) - 0,004 (UR_{mín} - 45)] (h/3)^{0,3} \quad (2)$$

em que, $K_{cb_{tab}}$ trata-se de coeficiente de cultura basal tabelado (ALLEN et al., 2006); $UR_{mín}$ (%) é a média de umidade relativa mínima, e h (m) é a altura média da planta para as respectivas fases. Para o valor de K_e foi também calculado pela diferença entre o coeficiente de cultivo máximo ($K_{c_{máx}}$) e K_{cb} ($K_e = K_{c_{máx}} - K_{cb}$), sendo o valor de $K_{c_{máx}}$ obtido pela Equação 3.

$$K_{c_{máx}} = \max \{ (1,2 [0,04 (U_2 - 2) - 0,004 (UR_{mín} - 45)] (h/3)^{0,3} \} (K_{cb} + 0,05) \quad (3)$$

As condições climáticas observadas a partir do segundo estágio fenológico da cultura estão apresentadas na Figura 1. Em termos médios verificou-se temperatura do ar de 27,5 °C, máxima de 35,1 °C e mínima de 20,5 °C, com picos de 38,1°C e 18,6°C para máxima e mínima, respectivamente. Para todo ciclo da cultura, a precipitação ocorrida foi de 9,8 mm na semana de 13 a 19 de novembro. A umidade relativa mínima ($UR_{mín}$) do ar foi de 32,75%, radiação solar global (R_g) de 22,52 MJ m⁻² d⁻¹ e velocidade de vento (U_2) de 2,91 m s⁻¹.

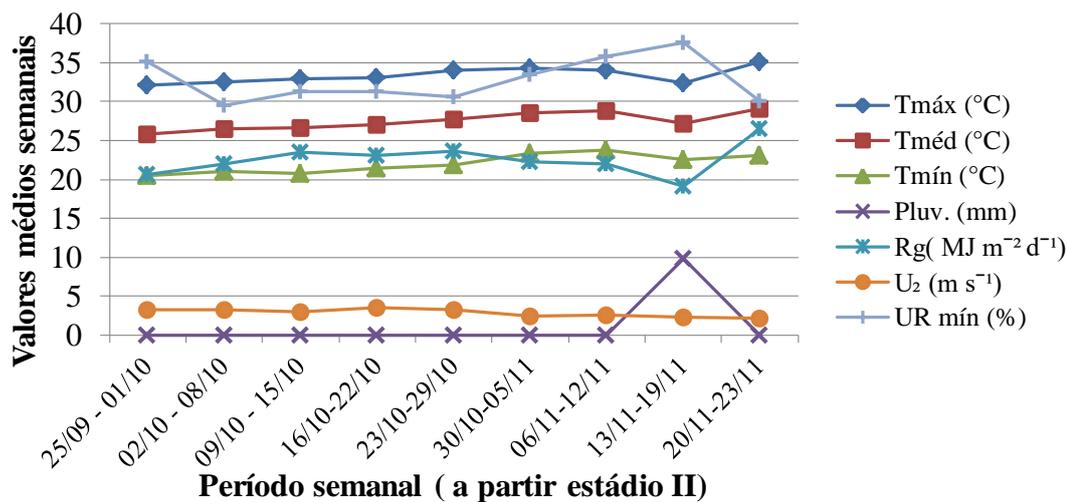


Figura 1. Variáveis climáticas registradas durante condução de experimento.

Para o manejo efetuado com tensiômetros, estes foram instalados na profundidade de 0,20 e 0,40 m, seguindo recomendações de Morouelli (2008). As irrigações para este tratamento eram realizadas quando a tensão matricial do solo encontrava-se a 40 kPa. A umidade do solo era estimada a partir da curva de retenção de água no solo (Figura 2), obtida pelo método das câmaras de pressão de Richards.

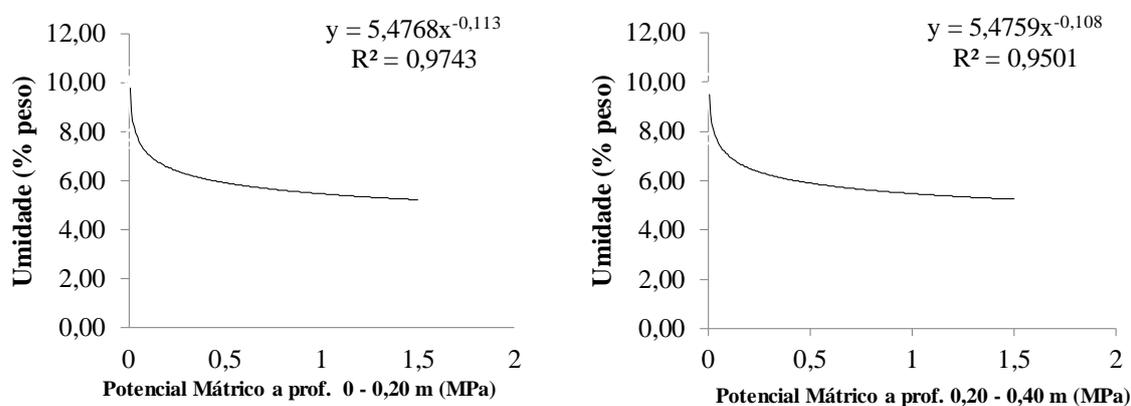


Figura 2. Curvas de retenção de água do solo nas profundidades de 0,20 m e 0,40 m.

O momento da irrigação, bem como a lâmina aplicada, era definido a partir do potencial matricial (Ψ_m) médio dos tensiômetros a 0,20 m de profundidade, sendo as leituras realizadas nas primeiras horas da manhã. Todos os equipamentos instalados foram lidos para

monitoramento da umidade do solo. Para esta finalidade ambos os tratamentos (BHC e TENS) receberam tensiômetros.

A colheita manual iniciou-se aos 63 dias após o plantio (DAP) para ambos os tratamentos, seguidas por mais quatro repasses aos 66, 69, 75 e 80 dias, sendo que a partir dos 75 dias as irrigações foram encerradas.

Para a caracterização produtiva da cultura e o uso da água, foram avaliados o número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens (CoV) e número de grãos por vagens (NGV) por meio de média obtida da quantidade total do número de vagens da área útil do experimento. Avaliou-se ainda a massa de cem grãos (P100), determinada conforme a Regra de Análises de Sementes (BRASIL, 2009), a produtividade de grãos secos (PTG), em kg ha^{-1} , e a eficiência do uso da água (EUA), como a razão entre a produção total e a lâmina de água aplicada, expressa em $\text{kg mm}^{-1} \text{ha}^{-1}$.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Na presença de efeito significativo realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) pelo programa estatístico SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar os dados referente ao tempo de colheita pode-se notar valores próximos aos obtido por Gonçalves et al., (2017) de 64 DAP para cultivar do mesmo gênero (BRS Acauã) em sistema de gotejamento e condições climáticas próximas as encontradas no ensaio, no município de Juazeiro-BA e por Santos; Santos e Rodrigues (2007), Souza et al. (2011) para mesma cultivar (BRS Pujante) no município de Petrolina-PE sob condições irrigadas. Igual tempo foi obtido por Locatelli et al. (2014) de 63 DAP para as cultivares BRS Guariba, BRS Novaera e BRS Pajeú no cerrado Roraimense.

Importante observar que a variação média de temperatura no período encontrou-se, segundo, Santos (2011) e Gonçalves et al. (2017) dentro dos limites ou ligeiramente superior a indicada para o feijão-caupi (20 a 30°C) o que poderia nessas condições associadas a radiação solar alta submeter o feijoeiro a estresse térmico antecipando o florescimento e formação de vagem. Tal processo aliado a condições de fornecimento hídrico pode ter levado a não uniformidade na maturação fisiológica das vagens sendo necessária a realização de repasses de colheita o que poderia ser inviável para a colheita mecanizada.

Na Figura 3 pode-se verificar os valores encontrados para evapotranspiração de referência (ET_o) e da cultura (ET_c) que foram em média de 6,33 e 6,76 mm d⁻¹, respectivamente, sendo estes levemente superiores aos encontrados por Silva et al. (2017) com valores respectivos de 6,07 e 5,0 mm d⁻¹ para o segundo semestre nas condições do Vale Submédio Vale São Francisco cultivar BRS Acauã. Estes valores variaram entre 1,50 e 7,82 mm d⁻¹ para ET_o estimado pelo método Pennam-Monteith e 1,44 a 9,38 mm d⁻¹ para ET_c. O método de estimativa da ET_o é recomendado como método padrão por considerar aspectos termodinâmicos, bem como aerodinâmicos entre outras variáveis (MURGA-ORRILLO et al., 2016).

As maiores demandas hídricas foram observadas no florescimento e enchimento de grãos, sendo observado o valor máximo de evapotranspiração da cultura (9,38 mm d⁻¹), tal resultado assemelha-se com o encontrado por Silva et al. (2017) para esses estádios fenológicos com ET_c's para as cultivares BRS Acauã (8,9 mm d⁻¹) e Canapu (10,9 mm d⁻¹). Muito embora a cultivar BRS Pujante apresente satisfatória característica de resistência ao déficit hídrico, à ocorrência deste nessas fases (floração e enchimento de grãos) poderá acarretar decréscimo significativo na produtividade (MOURA et al.; BRITO et al., 2009).

Os valores de kc's duais que foram obtidos nas condições do experimento variaram de 0,34 a 1,20 tendo estes valores assemelhados aos apresentados em estudo de Kc's médios por

Doorenbos e Kassam (1979) com valores que variam entre 0,30 e 1,20, inferiores aos obtidos por Bastos et al. (2008) para a BRS Guariba (0,30 e 1,40), Murga-Orillo et al. (2016) para o feijão-caupi cv. Novaera (0,38 e 1,31) e Silva et al. (2017) obtendo valores que variaram entre 0,49 a 1,24 para cv. Canapu 0,55 a 1,31 na cv. BRS Acauã. Porém, vale salientar que as divergências de valores de kc's obtidos e encontrados na literatura estão intimamente relacionadas a questões como a cultivar utilizada bem como as condições locais em que a cultura se desenvolve o que destaca a importância de se ajustar os coeficientes as condições específicas (SILVA et al., 2015).

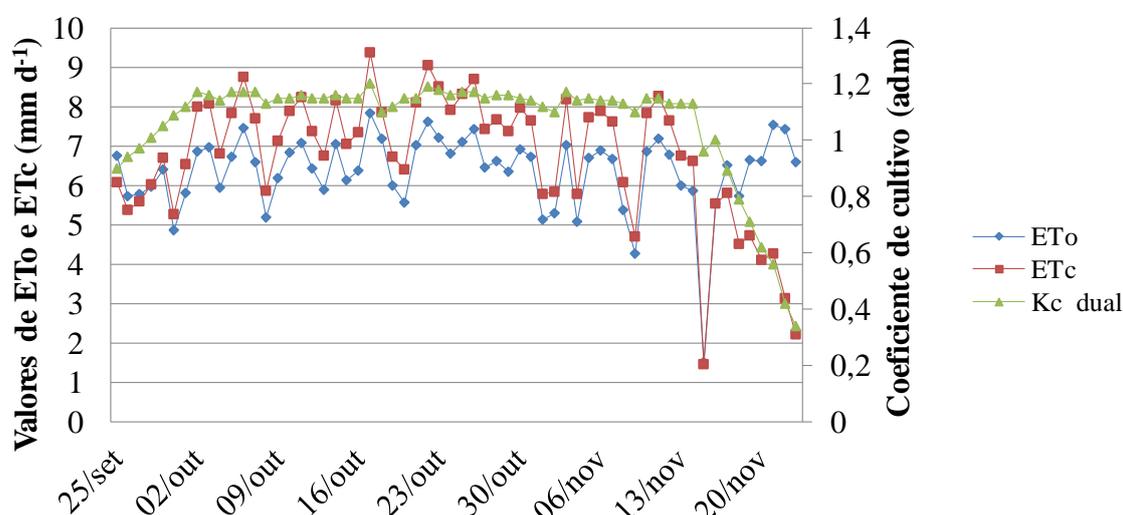


Figura 3. Evapotranspiração de referência (ET₀), evapotranspiração da cultura (ET_c) e coeficiente de cultivo dual (kc dual) registrados durante condução de experimento no IF Sertão/CPZR, 2017.

Durante o ciclo da cultura as lâminas aplicadas corresponderam a 183,75 mm e 405,55 mm para tensiometria e balanço hídrico climatológico respectivamente. O valor da lâmina aplicada pelo balanço hídrico está próximo aos valores obtidos por Moura et al. (2009) de 442,7 mm e Souza et al. (2011) de 448,7 mm, ambos trabalhos realizado no município de Petrolina-PE, com a cultivar BRS Pujante, além dos valores obtidos por Ramos et al. (2013) em Terezina-PI, de 449 mm para BRS Guariba e superior ao obtido pelo os mesmos autores para a cultivas BRS Paraguaçu (370 mm).

No uso da tensiometria a lâmina obtida foi inferior ao constatado por Lopes et al. (2004) de 263,0 mm para o gênero *P. vulgaris*, além de encontrar-se abaixo da necessidade mínima (250 a 500 mm) de água necessária para o ciclo do feijoeiro (KUHN et al., 2016).

Na Figura 4, é possível verificar o balanço hídrico nas parcelas analisadas. Quando do manejo por balanço hídrico climatológico (Figura 4A) houve maior quantidade de água disponível no solo para os estádios II e IV. No entanto, para ambos os manejos no estágio III (Figura 4A e 4B) pode-se observar uma variação da reserva de água disponível para as duas profundidades, sendo menor essa variação para BHC, enquanto que para o uso da TENS foi o que mais se aproximou do limite superior da reserva de água disponível chegando a ultrapassá-lo em boa parte do período desta fase.

Esse fato pode ter ocorrido pela diferença de lâmina e tempo de irrigação entre os tratamentos disponibilizados em cada manejo. Embora existam na literatura poucos estudos para o manejo por tensiometria para o cultivo do gênero *Vigna*, estes resultados assemelham-se aos encontrados por Libardi e Saad (1994) e Lopes et al. (2004) para o cultivo de *P. vulgaris* irrigados via pivô central.

Ferreira (2017) em estudo realizado com diferentes tensões para o feijoeiro observou que com tratamentos de menor tensão (30 kPa) as plantas receberam lâminas de água mais frequentemente e em menores quantidades, ocorrendo irrigações na maior parte do ciclo diárias, sendo que para as tensões de 40 kPa e 50 kPa verificado intervalo maior (aproximadamente dois dias). O uso de tensões com valores menores representariam a necessidade mais frequente de água para a planta, ficando esta menos sujeita ao déficit hídrico, pois a evapotranspiração da cultura torna-se mais contínua recebendo irrigações frequentes (FERREIRA, 2017). Esse fato concretiza a necessidade da determinação de tensões específicas a cada condição de cultivo.

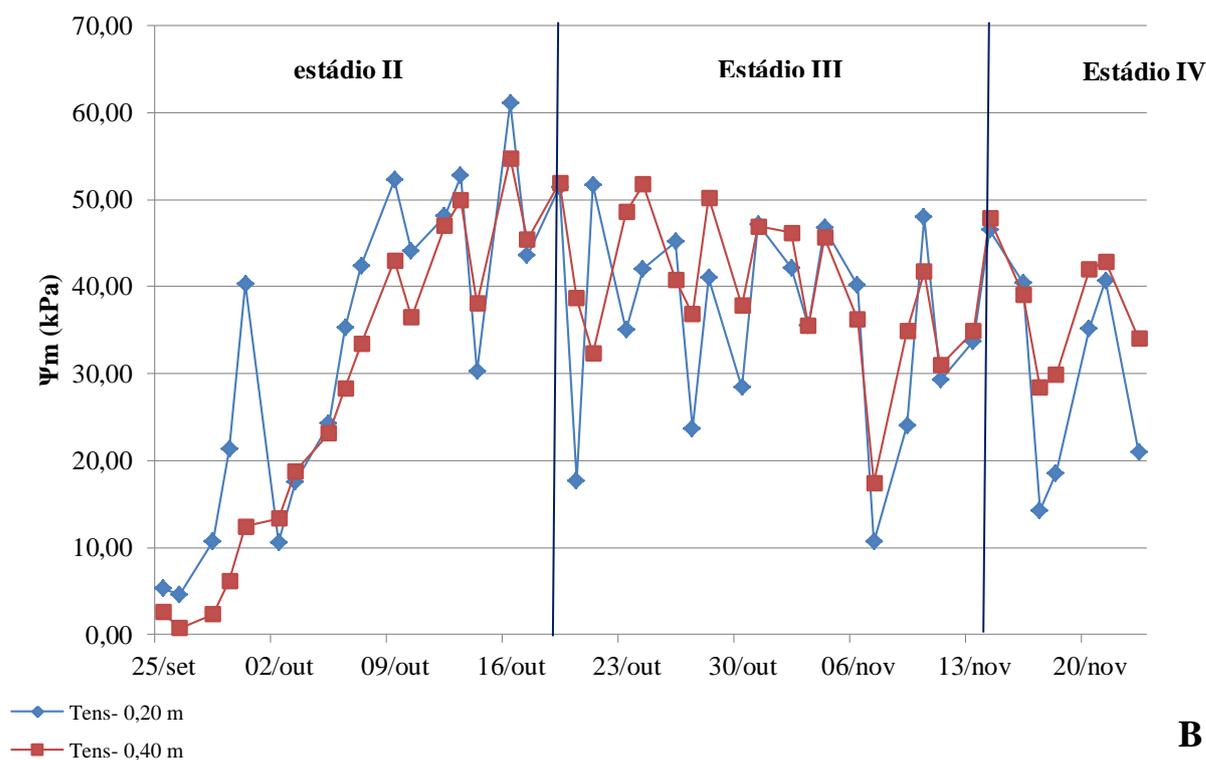
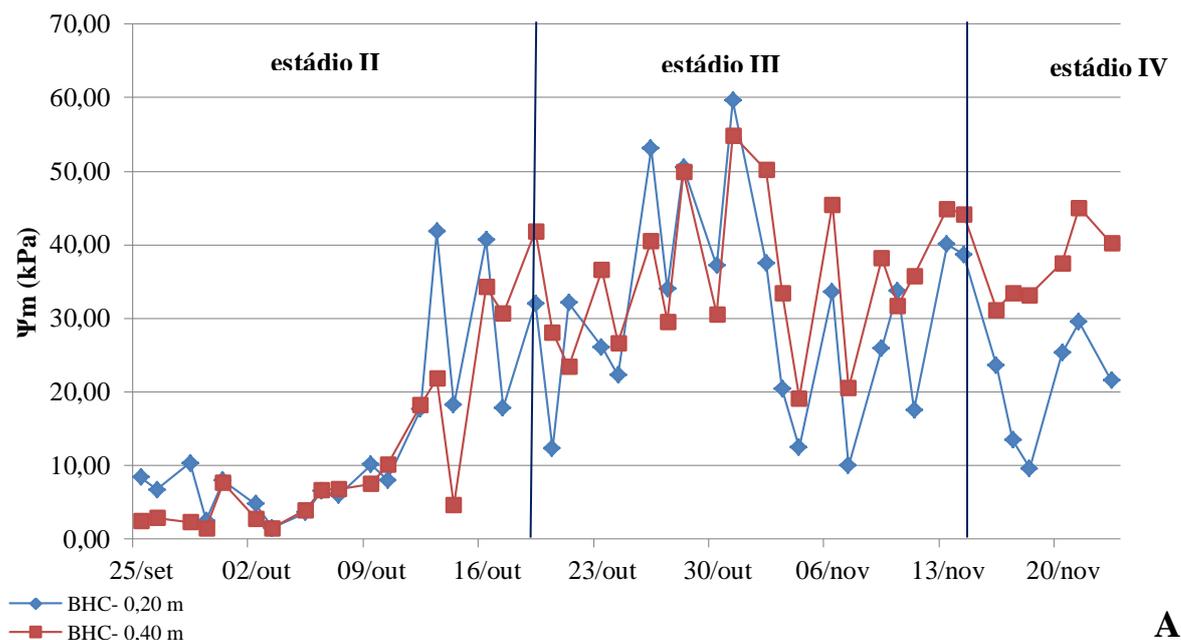


Figura 4. Balanço hídrico para os manejos **A-** balanço hídrico climatológico (BHC) e **B-** tensiometria (TENS) nos diferentes estádios e nas profundidades de 0,20 e 0,40 m para feijão-caupi cv. BRS Pujante no IF Sertão/CPZR, 2017.

No entanto, conforme se verifica na Figura 4, embora visto um estresse hídrico moderado, não se observou perdas no desenvolvimento uma vez que não ocorreu diferença

significativa de produtividade entre os tratamentos (conforme poderá ser visto na tabela 2). Esse resultado pode ter ocorrido devido ao fato da planta nessas condições aumentar a eficiência de uso da água (RAMOS et al., 2013).

Conforme Taiz e Zaiger (2017) essa resposta pode ocorrer porque a taxa fotossintética da folha não é tão responsiva ao estresse hídrico moderado, devido ao fato da fotossíntese apresentar-se menos sensível ao turgor que a expansão foliar, o que nesse caso o CO₂ pode ser absorvido por unidade de água transpirada, já que com o fechamento estomático inibe a transpiração, porém não diminui as concentrações CO₂ intercelulares.

Na Tabela 2 são apresentados os valores obtidos dos componentes de produção avaliados por ocasião da colheita. Estatisticamente não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos de TENS e BHC para as variáveis número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens (CoV), número de grãos por vagens (NGV), peso de cem grãos (P100) e produtividade total de grãos (PTG).

Tabela 2. Valores médios do número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens (CoV), número de grãos por vagens (NGV), peso de cem grãos (P100), produtividade total de grãos (PTG) e eficiência de uso da água (EUA) obtidos para o feijão-caupi, cultivar BRS Pujante submetido aos manejos tensiometria (TENS) e balanço hídrico climatológico (BHC) no IF Sertão-PE/CPZR, 2017.

FV	Teste F					
	NVP	CoV (cm)	NGV	P100 (g)	PTG (kg ha ⁻¹)	EUA (kg mm ⁻¹ ha ⁻¹)
BLOCO	0,644 ^{ns}	2,404 ^{ns}	2,255 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,602 ^{ns}	0,695 ^{ns}
TRAT	4,665 ^{ns}	1,582 ^{ns}	0,423 ^{ns}	0,67 ^{ns}	3,280 ^{ns}	64,413 ^{**}
CV (%)	16,18	3,12	4,53	6,15	17,85	19,42
MANEJO	Médias tratamentos					
TENS	13,02 a	20,71 a	12,21 a	24 a	1358,67 a	7,3933 a
BHC	15,02 a	21,04 a	12,06 a	24 a	1550,67 a	3,3933 b

^{ns} Não significativo, * significativo 0,05 de probabilidade, ** significativo 0,01 de probabilidade, pelo teste F. Valores seguidos de mesma letra não se diferem estatisticamente ao teste de tukey a 5% de probabilidade.

Porém, vale destacar esses índices produtivos visto que ambos os manejos proporcionaram valores satisfatórios agronomicamente para o cultivo do feijão-caupi cv. BRS Pujante, quando comparado os índices produtivos verifica-se que esses se assemelham aos

valores obtidos por Moura et al. (2009) trabalhando com a mesma cultivar e sistema de irrigação no município de Petrolina-PE, obtiveram valores similares para o NVP (15,50), CoV (22,39 cm) e NGV (11,73) e superiores aos encontrados por Santos; Santos e Rodrigues (2007) nas mesmas condições para CoV (18,4 cm), NGV (9,2) e inferior ao encontrado por estes autores para P100 grãos (24,8 g).

Para a PTG (Tabela 2) verifica-se que a produtividade com o manejo BHC foi 1.550,67 kg ha⁻¹, sendo este valor superior ao obtido Moura et al. (2009) e Souza et al. (2011) de 1.374,67 kg ha⁻¹, Locatelli et al. (2014) para as cultivares BRS Guariba (1.170,19 kg ha⁻¹), BRS Novaera (1.308,85 kg ha⁻¹) e BRS Pajeú (1.495,07 kg ha⁻¹) e Dutra et al. (2015) para as cultivares BRS Guariba (1.282,10 kg ha⁻¹), BR17 Gurgéia (1.200,12 kg ha⁻¹) e BRS Marataoã (1.436,06 kg ha⁻¹); inferior a obtida por Brito et al. (2009) com 1.626,00 kg ha⁻¹ e semelhante a Ramos et al. (2013) 1.580,67 kg ha⁻¹. Vale destacar que embora não se encontre informações acerca de produtividades para o manejo de irrigação com tensiometria no cultivo do gênero *V. unguiculata* a produtividade de grãos colhida (1.358,67 kg ha⁻¹) apresenta-se semelhantes a valores produtivos obtidos aos encontrados acima para o manejo por balanço hídrico.

Para o uso eficiente da água (EUA), constatou-se diferença estatística entre os manejos de irrigação, sendo de 7,4 kg mm⁻¹ ha⁻¹ com lâmina equivalente a 183,75 mm para tensiometria e 3,4 kg mm⁻¹ ha⁻¹ com a aplicação de lâmina de 405,55 mm, resultando em uma economia próxima de 55% ao BHC. Valores similares também foram observados por Ramos et al. (2013) e Locatelli et al. (2014) que avaliando a eficiência do uso da água observaram as melhores repostas quando da aplicação de 75% da ETo.

Arf et al. (2004) enfatizam que em menores lâminas de irrigação é possível se obter produtividades de grãos que se assemelham aos valores obtidos com o uso de manejos com

maiores lâminas, o que proporcionaria menor custo com a irrigação e evita-se assim o desperdício de água.

Por tanto, quanto ao fator água, este tem expressiva relevância na sua disponibilidade, visto que, quando se busca ganhos produtivos no cultivo de grãos de feijão-caupi, especialmente para cultivar BRS Pujante, poder-se-á obter com um manejo adequando proporcionar-lhes a maximização da eficiência do seu uso.

CONCLUSÃO

O manejo da irrigação com o uso de tensiômetros apresentou maiores variações na água disponível do solo, porém maior eficiência de uso da água em comparação com o balanço hídrico da cultura, proporcionando uma economia de 55% na água de irrigação sem afetar a produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Rome: FAO: (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56). p. 323. 2006.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; RODRIGUES, B. H.N.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, M. J. BASTOS, E. A.; MELO, F. de B. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 17-20, 2002.
- ARF, O; RODRIGUES, R. A. F; SÁ, M. E de; BUZZETTI, S.; NASCIMENTO, V. do. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.131-138, 2004.
- AZEVEDO, C. V. G.; RIBEIRO, T.; SILVA, D. A.; CARBONELL, S. A. M; CHIORATO, A. F. Adaptabilidade, estabilidade e resistência a patógenos em genótipos de feijoeiro. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 50, n. 10, p. 912-922, out. 2015.
- AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in Northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 58 n.1, p. 241-245, 2003.
- BASTOS, E.; FERREIRA, V.; SILVA, C.; ANDRADE JÚNIOR, A. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no Vale do Guruguéia, Piauí. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2. p. 182-190, 2008.

BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; VELOSO, M. E. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. S. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 5, p. 524-530, 2011.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura, In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J. de.; BORÉM, A. **Feijão**. Ed. 2. Viçosa: UFV, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009.

BRITO, L. T. de. L.; CAVALCANTI, N. de. B.; SILVA, A. de. S.; PEREIRA, L. A. Produtividade da água de chuva na cultura do feijão caupi em condições semiáridas. In: 7º Simpósio Brasileiro de captação e manejo de água da chuva, 7, 2009, Caruaru-PE. **Anais...** Caruaru-PE: ABCMAC, 2009.

CARDOSO, M. J.; FREIRE SILHO, F.R.; ATHAYDE SOBRINHO, C. Cultura do feijão macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp) no Piauí: aspectos técnicos. Teresina: EMBRAPA/UEPAE de Teresina, 1991, 43p. Circular Técnica, 9.

CAVALCANTI, F. J. et al. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. 2ª Aproximação. Recife – Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, 2008. 212p. Il.

CONAB. **Perspectiva para a agropecuária**, safra de 2017/2018. Brasília, v.5, p. 1-111, ago. 2017.

COUTO, J. P. C.; CAVALCANTE, A. R.; SILVA, N. D.; BORGES, T. K. de S. Estimativa diária da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo simples e dual para a cultura da beterraba. In: XXV CONIRD (Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem), 25, 2015, São Cristóvão-SE. **Estimativa diária da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo simples e dual para a cultura da beterraba**. São Cristóvão-SE, 2015.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. 1979. Yield response to water. Irrigation and Drainage Paper, 33. Roma: FAO, 193p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas**. Campina Grande: UFPB. 204p. Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 24. 1977.

DUTRA, A. F.; MELO, A. S. de.; FILGUEIRAS, L. M. B.; SILVA, A. R. F. da.; OLIVEIRA, I. M. de.; BRITO, M. E. B. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 189-197, 2015. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119039562004>> Acesso em 20 de dez. 2017.

FERREIRA, L. D. **Resposta do feijoeiro irrigado sob diferentes tensões de água no solo**. 2017. p. 52. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Agrícola). UFP/IF Farroupilha.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, N. M.; MESQUITA, E. F.; SÁ, F. V. S.; BERTINO, A. M. P.; PAIVA, E. P.; FARIAS, S. A. R. Crescimento e produção da mamoneira BRS Paraguaçu sob irrigação,

cobertura do solo e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 9, p. 857-864, 2015.

GOMES, E. R.; COSCOLIN, R. B. dos S.; LIMA, J. de.; ZUÑIGA, E. A. MACHUCA, E. A. BROETTO, F. Utilização de sensor e tensiômetro no monitoramento da umidade do solo na cultura do feijoeiro sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 7, p. 2076-2083. 2017.

GONÇALVES, I. S.; SILVA, R. R. da.; OLIVEIRA, G. M. de.; SANTIAGO, E. J. P.; OLIVEIRA, V. E. A. de. 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.

KELLER, J. BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinold. 1990.

KUHN, L. J.; CHECHI, L. FERNANDES, F. F.; FORTUNA, V. ALMEIDA, P. M. de.; PIAZZETTA, H. V. L. Manejo da irrigação no desempenho agrônômico da cultura do feijão. In: VI Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica, 6, 2016, Chapecó. **Resumos...** Chapecó: UFFS, 2016.

LIBARDI, P. L.; SAAD, A.M. Balanço hídrico em cultura de feijão irrigada por pivô central em latossolo roxo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, p.529-32, 1994.

LOCATELLI, V. E. R.; MEDEIROS, R. D.; SMIDERLE, O. J.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; ARAÚJO, W. F.; SOUZA, K. T. S. Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 574-580. 2014.

LOCATELLI, V. E. R.; MEDEIROS, R. D.; SMIDERLE, O. J.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; ARAÚJO, W. F.; SOUZA, K. T. S. Desenvolvimento vegetativo de cultivares de feijão-caupi sob lâminas de irrigação no cerrado Roraimense. **Irriga**, Botucatu, edição especial, grandes culturas, p. 28-39, 2016.

LOPES, A.S.; PAVANI, L.C.; CORA, J.E.; ZANINI, J.R.; MIRANDA, H.A. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.89-100, 2004.

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**, v. 30, n. 1, p. 139-145, 2008.

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetro para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 15 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 57).

MOURA, M. S. B. de; SOUZA, L. S. B. de; SILVA, T. G. F. da; BRANDÃO. E. O.; SOARES, J. M. Efeito da lâmina de irrigação na produtividade do feijão-caupi no semiárido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, Juazeiro, Petrolina. Planejamento da bacia hidrográfica e o desenvolvimento da agricultura: **anais**. Juazeiro, Petrolina: UNIVASF: Embrapa Semiárido: CEFET: SBEA, 2009. 1 CD-ROM.

MURGA-ORRILLO, H.; ARAUJO, W. F.; ROCHA, P. R. R.; SAKAZAKI, R. T.; DIONISIO, L. F. S.; VARGAS, A. R. P.; 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, janeiro-março, 2016.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, R. C.; LIMA, L. A.; SANTOS, S. T.; RÉGIS, L. R. L. Produção de feijão caupi em função da salinidade e regulador de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n. 11, p. 1049-1056. 2015.

RAMOS, H. M. M.; BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MAROUELLI, W. A.; Estratégias ótimas de irrigação do feijão-caupi para produção de grãos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p.576-583, 2012.

RAMOS, H. M. M.; BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J. Eficiência do uso da água e produtividade de grãos do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos. In: III CONAC (Congresso Nacional de Feijão-Caupi), 3, 2013, Recife-PE. **Eficiência do uso da água e produtividade de grãos do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos**. Recife-PE, 2013.

SANTOS, C. A. F.; SANTOS, I. C. N. dos.; RODRIGUES, M. A. **Feijão-caupi BRS Pujante: cultivar para áreas irrigadas e de sequeiro do vale do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. 1 Folder.

SANTOS, C.A.F. BRS Tapaihum, BRS Carijó e BRS Acauã: novas cultivares de feijão caupi para o vale do São Francisco. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 51. **Anais...** Viçosa: ABH. p. 3086-3094. 2011.

SILVA, R. R.; SANTOS, I. M. S.; OLIVEIRA, G. M.; CARVALHO, A. R. P.; SNATOS JUNIOR, P. P.; GONÇALVES, I. S.; Evapotranspiração e coeficiente de cultura para melancia. **Bras. Agric. Irr.** v. 9, n.6, Fortaleza, p.392- 399 , Nov - Dez, 2015.

SILVA, V. P. R.; SILVA, B. B.; BEZERRA, J. R. C.; ALMEIDA, R. S. R.; Consumo hídrico e viabilidade econômica da cultura do feijão caupi cultivado em clima semiárido. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 662-672, outubro-dezembro, 2016.

SILVA, R. R. da.; GONÇALVES, S. I.; PEREIRA, A. V. A.; OLIVEIRA, G. M. de. FERRAZ, A. L. F.; OLIVEIRA, V. E. de. Consumo hídrico do feijão caupi no Submédio do Vale do São Francisco. In: IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 4, 2017, Fortaleza-CE. **Consumo hídrico do feijão caupi no Submédio do Vale do São Francisco**. Fortaleza-CE, 2017.

SOUZA, L. S. B de.; MOURA, M. S. B. de; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. da. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, v.70, p.715-721, 2011. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90821051020>> acesso em 20 de dez. 2017.

SOUZA, T. M. A. de.; SOUZA, T. A.; SOUTO, L. S.; SÁ, F. V. da S.; PAIVA, E. P. de.; BRITO, M. E.B.; MESQUITA, E. F. decrescimento e trocas gasosas do feijão caupi cv. BRS Pujante sob níveis de água disponível no solo e cobertura morta. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 796-805, outubro-dezembro, 2016.

SOUZA, T. M. A.; SOUZA, T. A.; SOUTO, L. S.; SÁ, F. V. da S.; PAIVA, E. P. de.; MESQUITA, E. F. Água disponível e cobertura do solo sob o crescimento inicial do feijão-caupi cv. BRS Pujante. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n.3 p. 598-604, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: ARTMED, 2017.