

Semeadura do feijoeiro em função da disponibilidade hídrica no solo no Noroeste Paulista

Alberto Mario Arroyo Avilez¹, Fernando Braz Tangerino Hernandez², Regiane de Carvalho Bispo³ e Antônio Heriberto de Castro Teixeira⁴

¹Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, UNESP Botucatu. Email: betomario1494@gmail.com

²Professor Titular da UNESP Ilha Solteira. Email: fernando.braz@unesp.br

³Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, UNESP Botucatu. Email: regianecarvalhoks@gmail.com

⁴Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE. Email: heriberto.teixeira@embrapa.br

Resumo: Com o objetivo de recomendar o melhor período para a semeadura do feijoeiro na região de Itapura-SP, analisou-se as variáveis históricas de distribuição da chuva, evapotranspiração de referência e balanço de água no solo, confrontando-os com os dados de 2017. Dessa forma, estimou-se a evapotranspiração de referência por Penman-Monteith e aplicaram-se os coeficientes de cultura correspondentes (FAO 56), realizando o balanço hídrico diário. Historicamente, os resultados indicam uma melhor data para semeadura no dia 15 de abril, confirmado para o ano de 2017, com semeadura na segunda quinzena de março até a primeira de abril. Entretanto, semeaduras a partir do mês de maio até agosto demonstraram serem desfavoráveis considerando-se o consumo de água pelas plantas e ocorrência/distribuição das chuvas. A análise das variáveis climáticas históricas se mostrou uma ferramenta importante para a definição da época de semeadura considerando os riscos e os custos operacionais relativo à produção de feijão, além da questão de planejamento do armazenamento e uso dos recursos hídricos, sendo que a semeadura realizada no período recomendado permite a economia de 35% da água aplicada, além de outras vantagens agronômicas.

Palavras-chave: Evapotranspiração, chuva, balanço hídrico.

Sowing of beans according to soil water availability in Northwest of São Paulo

Abstract: In order to recommend the best period for sowing of bean crop in the Itapura/SP region, the historical variables were analysed: rainfall distribution, evapotranspiration and soil water balance, comparing them with the data from 2017. In this way, the reference evapotranspiration was estimated by Penman-Monteith, and the corresponding crop coefficients (FAO 56) were applied, performing the daily water balance. Historically, the results indicate a better date for sowing on April 15, confirmed for the year 2017, with sowing in the second fortnight of March until the first fortnight of April. However, sowing from the month of May to August proved to be unfavorable considering the water consumption by the plants and the occurrence/distribution of rainfall. The analysis of historical climatic variables proved to be an important tool for the definition of planting time considering the risks and operational costs related to bean production, as well as the question of planning the storage and use of water resources. recommended period allows the saving of 35% of the water applied, in addition to other agronomic advantages.

Keywords: Evapotranspiration, rainfall, water balance.

Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores de feijão do mundo, juntamente com países como México, Índia, Mianmá e China (FAO, 2014) e representa uma fundamental importância social e econômica para o país, constituindo-se como uma das principais fontes proteicas na alimentação da população (EMBRAPA, 1982). A produção média total para primeira, segunda e terceira safras de 2016/2017 foi de 2.837,5, 2.964,3 e 2.980,8 mil toneladas, respectivamente, as quais são semeadas de agosto a dezembro, janeiro a março e de abril a julho, sendo a produtividade média de 886, 1.048 e 1.048 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016).

A região Noroeste Paulista onde foi realizada esta pesquisa, ainda que haja semeaduras sob condição de sequeiro - considerada marginal devido ao risco climático associado - realizados entre março e maio - são sob os pivôs centrais onde se encontram as áreas mais expressivas, com a semeadura se estendendo até o mês de agosto. Em 2016 a área irrigada por pivô central acumulada. Noroeste Paulista era de 16.501 hectares, com 344 equipamentos, evoluindo em 764 hectares e em 22 equipamentos de julho de 2015 a dezembro de 2016 (Squizato, 2017), evidenciando a opção pelos sistemas de irrigação como fator de sustentabilidade da produção de alimentos, considerando o fato de que a região se apresenta com as maiores taxas de evapotranspiração do Estado de São Paulo, além de registrar até oito meses de déficit hídrico anualmente (Hernandez et al., 2003 e Santos et al., 2010). Nestes sistemas, predomina a rotação de culturas entre feijão, milho e soja.

A produção de feijão vem crescendo, tendo em vista que esta cultura tem um alto consumo *per capita*, gera bons ingressos econômicos e é ideal como cultivo entre safra por sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico no solo. Contudo, o déficit de água é uma das grandes restrições para sua produção, sendo que este produto requer bons níveis de água no solo durante o seu ciclo produtivo. O requerimento da água pelas culturas agrícolas depende principalmente das condições físicas do solo, das atmosféricas, do estado nutricional das plantas, de fatores fisiológicos, da natureza genética e do seu estágio de desenvolvimento; por isso a importância de realizar pesquisas para se ter uma melhor compreensão da fisiologia e do manejo da água nos cultivos em climas áridos e semiáridos para assim ter uma maior eficiência no uso da água (Stikić et al., 2003). Cada planta tem suas próprias exigências em relação à quantidade de água que requer para produzir 1 kg de matéria seca, no caso da cultura de feijão se requer cerca de 1.750 kg de água para a produção de 1 kg de matéria

seca e grãos (Doorenbos & Kassam, 1979).

O déficit hídrico na planta é caracterizado por uma redução do seu conteúdo de água e do seu potencial hídrico, resultando em perda de turgescência, fechamento dos estômatos, redução do crescimento e consequentemente, redução da produção final. Como a maioria das culturas, o feijoeiro é sensível ao estresse hídrico, seja pelo déficit de água ou pelo seu excesso. Assim, surge a necessidade de propiciar condições ambientais mais favoráveis para otimizar a produtividade da cultura (Oliveira et al., 2005). O período mais crítico de ocorrência de déficit hídrico para a cultura do feijoeiro se encontra entre o subperíodo do início do florescimento, ao início do enchimento de grãos, sendo esta a fase onde ocorre a maior demanda de água pela cultura, e coincidindo com o maior índice de área foliar, aumentando assim, seus processos transpirativos e sua atividade fotossintética. Desta forma, o déficit hídrico durante este período acarreta em redução de todos os componentes da produção, e consequentemente em menor produtividade (Ávila et al., 2010).

Doorenbos e Kassam (1979) também realizaram vários experimentos com feijoeiro e notaram que um déficit hídrico de 50% na etapa vegetativa provoca uma redução de rendimento de 10%. O mesmo déficit na floração reduz a produção em 55%, e durante o enchimento das vagens, em 38%. No entanto, o déficit durante a maturação reduz o rendimento em apenas 10%. Jadoski et al. (2003) descrevem que a utilização de sistemas de irrigação é essencial onde a demanda hídrica da cultura não é suprida pela chuva ao longo do seu ciclo, tendo em vista as diferentes necessidades hídricas do feijoeiro em seus diferentes estádios de desenvolvimento, visando assim, ganhos expressivos na produtividade.

Considerando a grande importância econômica e social que o feijão apresenta no Brasil, é fundamental a realização de estudos sobre aplicação de técnicas de otimização para o planejamento da produção sob irrigação, justificado ainda pelo fato de que o feijoeiro é uma cultura de elevado padrão de risco, devido à grande sensibilidade tanto ao déficit hídrico quanto ao excesso de água, tornando-se cada vez mais interessante a tecnificação da produção, utilizando-se de sistemas de irrigação e outras tecnologias alicerçada no planejamento dos recursos ambientais, o que inclui o uso sistemático de informações provenientes do monitoramento realizado por estações e redes agroclimatológicas. Assim, neste trabalho se utilizou informações agroclimatológicas para o planejamento do manejo racional da água e identificação dos meses ideais

para a sementeira do feijoeiro com o melhor aproveitamento das chuvas, no município de Itapura, São Paulo, e assim, garantir menores gastos de energia e água para a irrigação.

Material e Métodos

Foram realizadas simulações de sementeiras utilizando-se dados históricos diários de 2012 a 2016 e, posteriormente, para validá-los, realizou-se uma simulação de sementeira com dados de 2017 entre os meses de fevereiro até setembro, de chuva e evapotranspiração de referência (ET_o) obtidos e disponibilizados pela Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista (<http://clima.feis.unesp.br>) operada pela Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira, no município de Itapura (Latitude 20° 38' 28,1" S, Longitude 51° 28' 29,9" W, 335 m de altitude). De acordo com Köppen, o clima da região em estudo é classificado como subtropical úmido, C_{Wa}, definida como um clima tropical úmido, com a estação seca com duração de até oito meses, com chuva anual média de 1261 mm e temperatura do ar entre 21,4 e 26,9 °C e umidade relativa média de 62,4% (Santos et al., 2010).

Para as análises de disponibilidade hídricas no solo foram calculados os riscos climáticos que apresenta a região e o requerimento hídrico diário da cultura do feijoeiro para máximos rendimentos em função de simulação de diferentes épocas de sementeira, estimando-se os riscos nas diferentes fases do ciclo. O balanço hídrico diário para a série de dados históricos foi simulado para cinco épocas de sementeira correspondentes aos dias julianos (DJ) 46 (15 fevereiro), 75 (15 de março), 106 (15 de abril), 136 (15 de maio) e 167 (15 de junho). Para o balanço hídrico realizado com os dados de 2017 foram realizadas dez simulações, sendo estas feitas nos DJ anteriores e, além disso, nos DJ 32 (1 fevereiro), 61 (1 de março), 92 (1 de abril), 122 (1 de maio) e 153 (1 de junho), de acordo com o comumente praticado na região quanto à época de sementeira do feijão.

As necessidades hídricas da cultura do feijoeiro foram estimadas diariamente utilizando-se a ET_o determinada pelo método de Penman-Monteith e fornecidas por UNESP (2017) e os coeficientes de cultivo simples (K_c) (Allen et al., 1998). A curva do K_c representa uma série de quatro segmentos lineares que mostram o desenvolvimento inicial, médio e períodos de

crescimento da safra tardia, também sugeridos por Allen et al. (1998). O balanço hídrico diário foi realizado para cada data simulada considerando-se o ciclo total da cultura de 95 dias, capacidade de água disponível (CAD) de 30 mm (1,0 mm cm⁻¹ e 0,3 m de profundidade efetiva do sistema radicular) - predominante em Argissolos na região, a chuva média histórica para cada DJ e a evapotranspiração da cultura (ET_c) estimada pelo produto entre a ET_o e o K_c, conforme Eq 1, em função do dia após a sementeira (DAS) - 0,4 até 15 DAS chegando à 1,2 aos 40 DAS, permanecendo até 75 DAS e encerrando o ciclo aos 95 DAS com o decréscimo até 0,4.

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (1)$$

Em que:

ET_c = Evapotranspiração da cultura

ET_o = Evapotranspiração de referência

K_c = Coeficiente de cultura (simples)

O planejamento da irrigação considerou a reposição da ET_c acumulada em 10 mm para a reposição e otimização dos custos energéticos, com aproveitamento máximo da tarifa diferenciada e um esgotamento médio em torno de 30% da capacidade de água disponível (CAD), garantindo segurança hídrica, uma vez que nas condições climáticas locais e do feijoeiro, Doorenbos e Kassam (1979) recomendam o esgotamento máximo de 50% da CAD (crítico) para que não haja comprometimento ao potencial produtivo da cultura. A lâmina de água repostada pelo sistema de irrigação por pivô central existente na região, e que serviu de base para o trabalho, é a soma das lâminas simuladas de irrigação para se atingir a capacidade de campo. O sistema de irrigação por pivô central tem capacidade de irrigar uma área de 93,23 ha, vazão no sistema de 399,58 m³ h⁻¹ e potência para operar de 163,3 kW.

Para cada data de sementeira se acumulou uma necessidade distinta de lâmina aplicada considerando o manejo da irrigação padrão adotado em função do esgotamento de água no solo e a partir do volume total de água aplicada foram estimados os custos operacionais da irrigação para cada uma das datas de sementeira simuladas para a análise econômica. As receitas foram calculadas a partir do preço médio mensal da saca de feijão (60 kg) subministrado pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) para o ano do 2017 onde o preço é de R\$ 195,15 (janeiro), R\$ 191,11 (fevereiro), R\$ 196,55 (março), R\$ 231,39 (abril), R\$ 270,75 (maio), R\$ 476,75 (junho), R\$ 387,94 (julho), R\$ 366,61 (agosto) e R\$ 325,12 (setembro).

Resultados e Discussão

Simulação do balanço hídrico com dados históricos de (2012 - 2016)

O balanço hídrico diário com o armazenamento da água no solo baseado na média histórica diária de chuva e evapotranspiração de referência foi realizado para cada ciclo como mostram as Figura 1 a 5. Para a análise das necessidades hídricas da cultura e a análise econômica foram consideradas a somatória dos valores diários da ETc, as chuvas e as irrigação praticadas, segundo o mesmo padrão de irrigação utilizado, considerando a depleção do armazenamento de água no solo, que nunca

poderia atingir o fator crítico.

Para o dia de semeadura do feijoeiro 15 de fevereiro (Figura 1) houve uma grande distribuição de chuvas durante o ciclo e os seus registros durante os 48 dias após a semeadura (DAS) foram contínuos, o que fez com que o solo apresentasse valores de umidade do solo acima da capacidade de campo. A aplicação de água tornou-se necessária somente aos 52 e 55 DAS com a aplicação de lâminas de 9,0 e 8,9 mm. Após a aplicação destas lâminas juntamente com as chuvas a água disponível no solo manteve-se ótima para a cultura até os 65 DAS. Já a irrigação voltou a ser necessária aos 66, 71, 74, 77 e 83 DAS com lâminas de, respectivamente, 7,7; 7,0; 7,0; 6,8 e 8,6 mm.

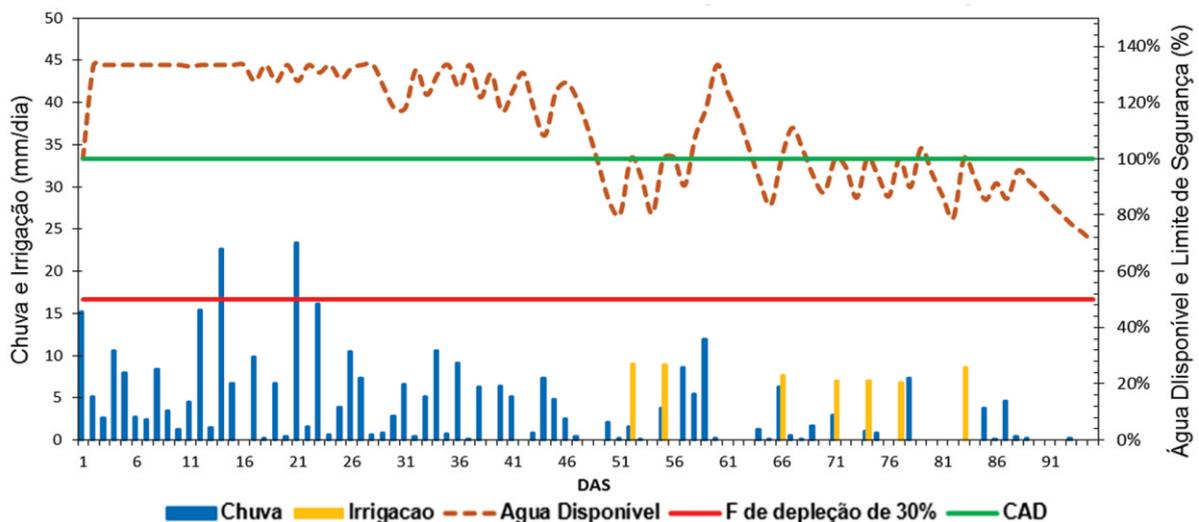


Figura 1. Armazenamento da água no solo a partir da semeadura do feijoeiro em 15 de fevereiro em Itapura - SP.

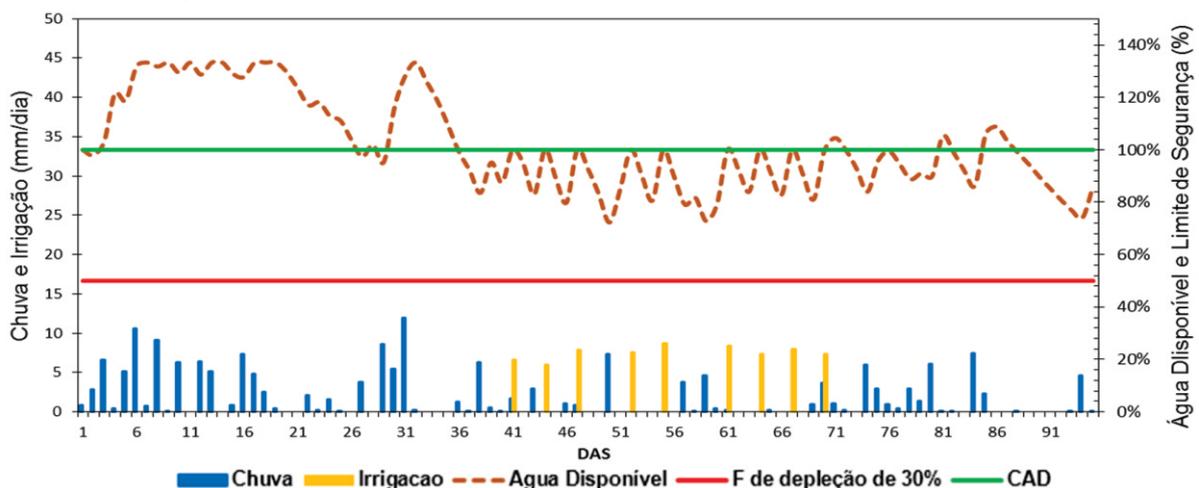


Figura 2. Armazenamento da água no solo a partir da semeadura do feijoeiro em 15 de março em Itapura - SP.

A data de semeadura do feijoeiro em 15 de março, onde ocorreram chuvas inferiores as demais épocas simuladas, aumentando assim a necessidade de irrigação. As irrigações foram indispensáveis aos 41, 44, 47, 52, 55, 61, 64, 67 e 70 DAS para evitar o déficit hídrico para a cultura (Figura 2).

O terceiro ciclo, com semeadura do feijoeiro em 15 de abril, ocorreu melhor distribuição das chuvas ao longo do ciclo, sendo a necessidade de irrigação aos 25, 33, 36, 39, 53, 60, 63 e 80 DAS (Figura 3).

Para a data de semeadura do feijoeiro em 15 de maio, a magnitude das chuvas diminuiu e os dias que as irrigações foram necessárias aumentaram, precisando aplicação de 12 lâminas entre 6,6 e 9,0 mm para os 47, 51, 59, 63, 67, 70, 77, 79, 82, 85, 88 e 92 DAS (Figura 4).

A semeadura realizada no dia 15 de junho (Figura 5)

exigiu entre os 44 DAS e 84 DAS o uso frequente do sistema de irrigação com a aplicação de 20 lâminas, variando entre 6,3 e 9,0 mm para suprir a demanda evapotranspiratória da cultura sem que o armazenamento de água no solo crítico fosse atingido, sendo esta análise a chave de qualquer manejo racional da água da irrigação, quando os volumes de chuva são adequadamente mensurados e aproveitados, aliado à uma adequada estimativa da evapotranspiração da cultura, fruto de estimativas precisas da evapotranspiração de referência (através de medições confiáveis das variáveis climáticas) e da escolha correta dos coeficientes de cultura. Estas observações ficam claras, quando se utiliza a água da chuva até os 35 dias, quando no dia seguinte se utiliza pela primeira o sistema de irrigação, completando assim, 21 irrigações neste ciclo de semeaduras.

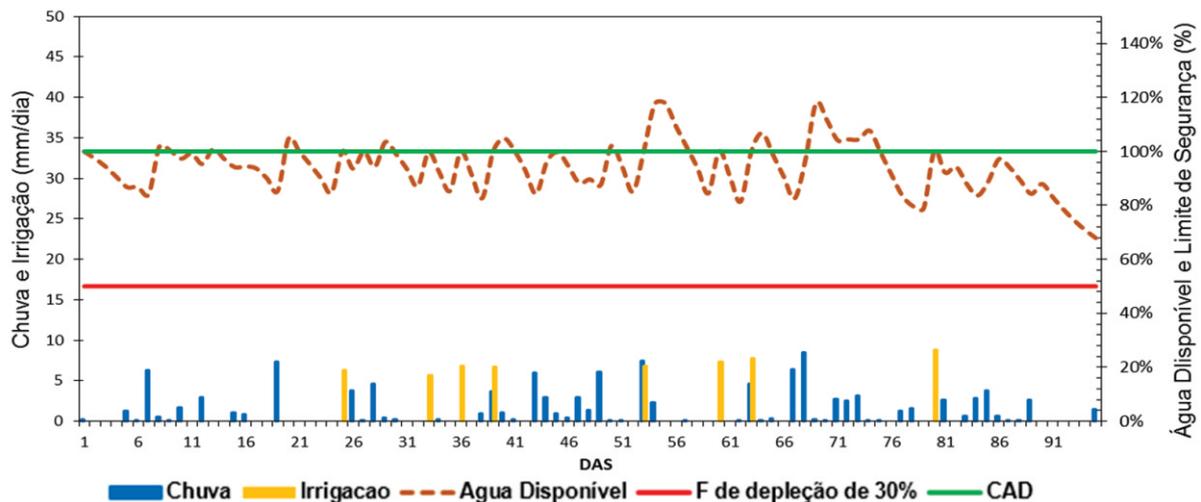


Figura 3. Armazenamento da água no solo a partir da semeadura do feijoeiro em 15 de abril em Itapura - SP.

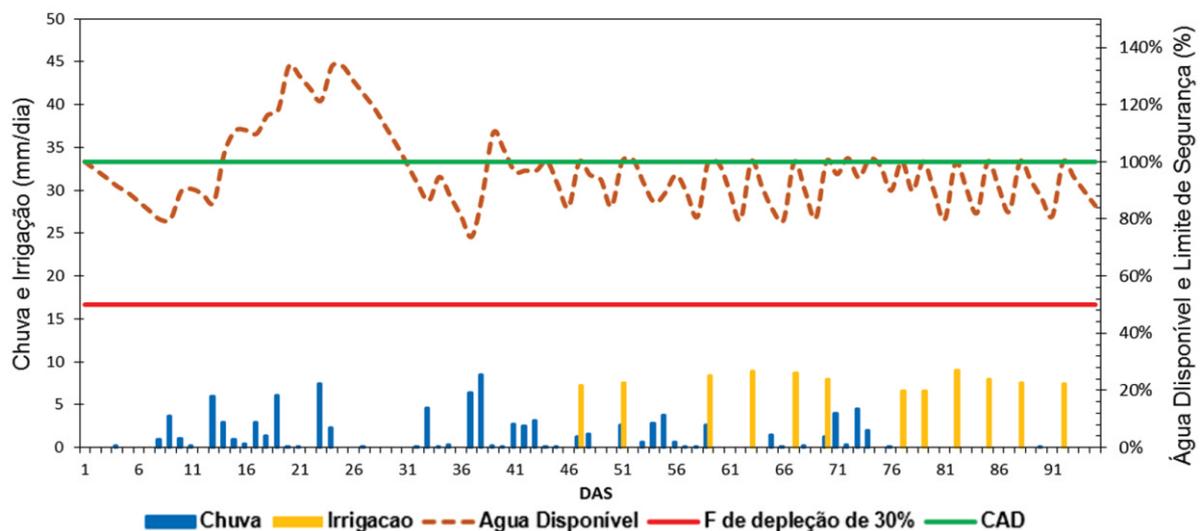


Figura 4. Armazenamento da água no solo a partir da semeadura do feijoeiro em 15 de maio em Itapura - SP.

A Figura 6 apresenta os valores de evapotranspiração e de chuva durante os dias julianos (DJ) nos quais foram simulados os cinco ciclos do feijoeiro em Itapura - SP e na Tabela 1 estão resumidos os valores da ETc total, da

chuva, da irrigação e o número de dias que o solo se encontrou acima da capacidade de campo por excesso de chuvas na região para cada simulação.

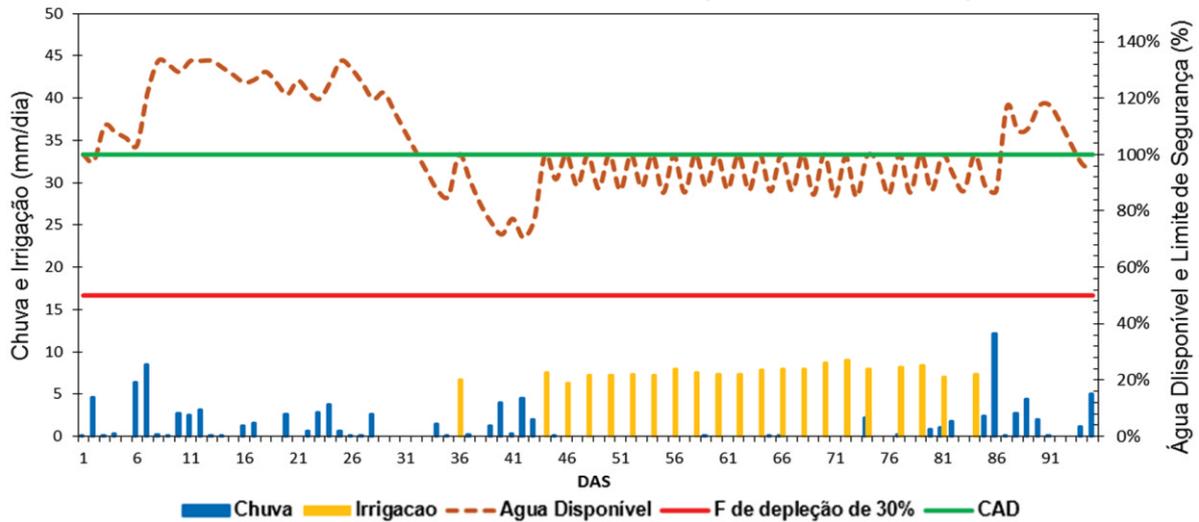


Figura 5. Armazenamento da água no solo a partir da semeadura do feijoeiro em 15 de junho em Itapura - SP.

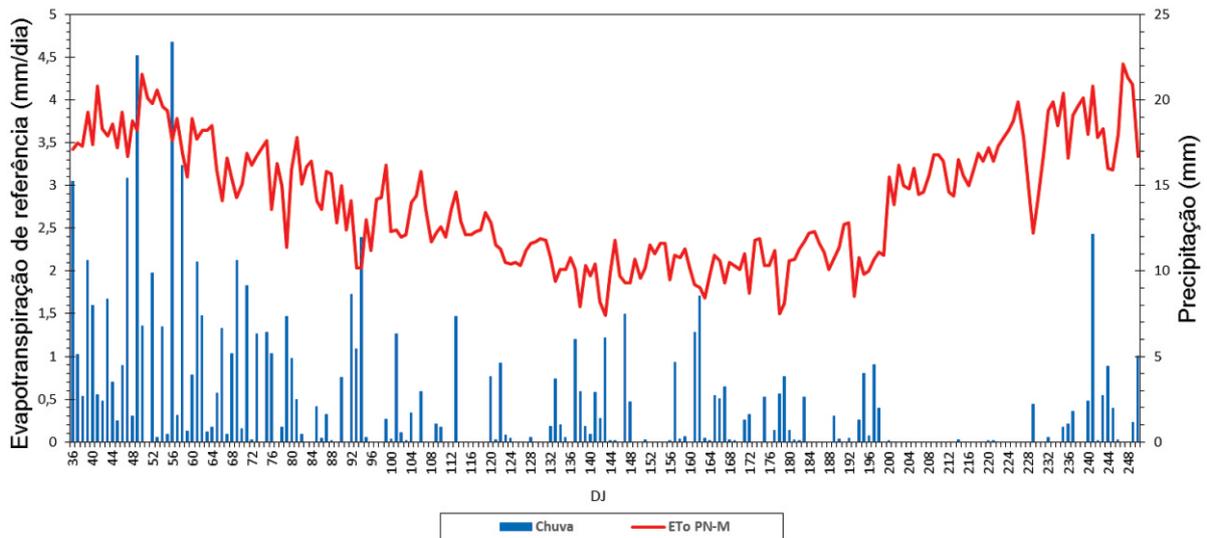


Figura 6. Evapotranspiração e chuva durante os dias julianos (DJ) em que foram simulados os cinco ciclos.

Tabela 1. Histórico de evapotranspiração da cultura (ETc) do feijoeiro, chuva, irrigação e número de dias acima da capacidade de campo (CC) durante o ciclo da cultura para diferentes datas de semeadura.

Data de semeadura (DJ - Dia Juliano)	Dados Histórico (2012 - 2016)				
	ETc média mm dia ⁻¹	ETc Ciclo mm/ciclo	Chuva mm/ciclo	Irrigação mm/ciclo	Dias acima da CC > 30 mm
15 de fevereiro (DJ 46)	2,6	246,0	328,0	55,0	57
15 de março (DJ 75)	2,2	204,6	177,6	67,8	36
15 de abril (DJ 106)	1,9	180,3	115,2	56,2	19
15 de maio (DJ 136)	2,0	191,7	96,2	94,0	23
15 de junho (DJ 167)	2,6	244,2	95,7	160,2	37

O primeiro ciclo do feijoeiro, que teve início no dia 15 de fevereiro, apresentou uma maior soma da ETc histórica, com valor total e médio de 246,0 mm ciclo e 2,6 mm dia⁻¹, respectivamente, nesse período ocorreram os valores mais elevados de radiação solar e temperatura do ar de todas as simulações, fazendo com que as taxas de evaporação e transpiração se elevassem de acordo com Doorenbos e Pruitt (1977). A maior ocorrência de chuva, também foi registrada (328 mm), com 57 dias acima da capacidade de campo e assim com a necessidade e de água aplicada pela irrigação mais baixa (55 mm), quando comparada com as cinco simulações, demonstrando na Figura 6.

Para o segundo ciclo do feijoeiro, 15 de março, a ETc total e média foram de 204,6 mm ciclo e 2,2 mm dia⁻¹, respectivamente, sendo o segundo valor mais alto das simulações.

A chuva apresentou um total de 177,6 mm, com ocorrência concentrada nos primeiros 30 DAS (DJ 64 até 94) do ciclo (Figura 2). Quanto a capacidade de campo ocorreu 36 dias acima. As taxas de evapotranspiração começaram a decrescer depois dos 30 DAS juntamente com as ocorrências de chuva, fazendo com que a necessidade de irrigação aumentasse para 67,8 mm.

O terceiro ciclo, iniciado no mês de abril, apresentou resultados favoráveis em relação ao aproveitamento de água da chuva. A ETc total e média diária foram de 180,3 mm ciclo e 1,9 mm dia⁻¹ (os menores valores encontrados). A chuva total foi de 115,2 mm, tendo apenas 19 dias com a umidade do solo acima da capacidade de campo apresentando uma melhor distribuição ao longo do ciclo e as menores taxas de evapotranspiração, com isso diminuindo a necessidade de irrigação para 56,2 mm.

No quarto ciclo do feijoeiro (semeadura em 15 de maio) o valor de ETc total aumentou 191,7 mm ciclo e a quantidade de chuva foi menor (96,2 mm), sendo assim a capacidade de campo ficou acima por 23 dias (Figura 6). A irrigação acumulada também aumentou para 94 mm sendo o segundo valor mais elevado.

Já para a simulação do último ciclo, com data de semeadura em 15 de junho, a cultura foi submetida a elevada taxa de evapotranspiração, com valores iguais a 244,2 mm ciclo (ETc média de 2,6 mm dia⁻¹) e a menor ocorrência de chuvas, com valor acumulado de 95,7 mm. Isso fez com que aumentasse a necessidade de irrigação, com o valor mais alto de todas as simulações, 160,2 mm.

Nos primeiros 70 dias julianos verifica-se elevadas taxas de chuva (Figura 6), período que compreende no primeiro ciclo da cultura (semeadura em 15 de fevereiro) as fases fenológicas iniciais, sendo elas, germinação, desenvolvimento e parte do enchimento de grãos,

tornando-se vantajoso em relação aos outros ciclos; contudo, chuvas de elevadas magnitudes nas fases iniciais podem causar problemas como a podridão radicular úmida causada por fungos que se encontram em solos com excesso de água (Cardoso, 1990). Esta data de semeadura também apresenta problemas na região Noroeste de São Paulo com o ataque da mosca-branca (*Bemisia argentifolii*), que resulta em perdas na produção, falhas no enchimento das vagens, diminuição da quantidade e qualidade dos grãos e do crescimento da planta, podendo ocasionar perdas de 40 a 100% da produção e assim gerando enormes prejuízos econômicos ao produtor (Maiolo, 2016). Realizar o balanço hídrico para o feijoeiro nesta data de semeadura é importante considerando que a capacidade de retenção de água do solo, o manejo e estimativa da lâmina de irrigação para a cultura interferem na produção de biomassa, já que esta depende dos fatores como disponibilidade de água e de nutrientes durante a fase de desenvolvimento, demonstrando desta forma a importância da interação entre solo, água, planta e atmosfera (Martins et al., 2017).

Para a segunda data de semeadura (15 de março), a cultura pode apresentar os mesmos problemas fitossanitários nos primeiros 30 dias após a semeadura, por ocorrer chuvas concentradas, pelo que esta data precisaria de cuidado nestes primeiros dias.

A terceira data de semeadura (15 de abril) apresenta dados que confere ser a mais indicada para o produtor de feijão, já que apresentou vantagens quanto ao manejo agrônômico da cultura, evitando problemas de podridão da raiz por excesso de água no solo, pois é o período com menos dias acima da capacidade de campo, chuvas bem distribuídas, e assim com menores riscos de ataque por mosca-branca. Contudo, de acordo com Azevedo e Caixeta (1986), a produção de feijão irrigado é mais alta quando comparada à produção de feijão não irrigado e cultivado em períodos muitos chuvosos, pois é realizado um melhor manejo da cultura e controle de doença.

Além disso, visando o manejo da irrigação e economia de energia, o ciclo iniciando em 15 de abril, tem as menores taxas de evapotranspiração fazendo com que a necessidade de irrigação diminua e conseqüentemente apresente menores custos de produção quando comparados aos ciclos começando no dia 15 de maio e junho respectivamente. Assim, para a cultura semeada nestas datas antes mencionadas alcançar uma produtividade similar com a semeada em abril, teria que ser usado o sistema de irrigação que minimizasse os efeitos negativos provocados por períodos de estiagem, uma vez que Martins et al. (2017), relataram que quando a cultura se encontra em déficit

hídrico, isto reduz a multiplicação e a expansão das células, resultando em menor crescimento da parte aérea das plantas, que como mecanismo de defesa ao início da restrição hídrica, reduzem a expansão foliar e a eficiência fotossintética.

Simulação do balanço hídrico em 2017

Para o ano de 2017 foram realizadas dez simulações com um intervalo de 15 dias. A diminuição do intervalo dos dias com respeito às simulações dos dados históricos realizou-se com o objetivo de observar com detalhes o comportamento e a necessidade da irrigação do feijoeiro durante os ciclos já simulados anteriormente, para encontrar não só uma data de semeadura, mas também uma sequência de dias que poderiam ser indicados para realizar a semeadura.

Nas simulações representadas na Tabela 2, para o mês de fevereiro os valores de ETc foram os mais altos, a chuva também apresentou valores elevados cujo total foi maior do que o acumulado da ETc. Ainda assim, a quantidade de água necessária na irrigação foi em média 150 mm no mês, pois as chuvas foram de alta intensidade e concentradas em poucos dias acarretando em um número de 40 dias acima da capacidade de campo.

Esta simulação apresentou similaridade com a realizada com os dados históricos. O mês de março teve uma variação maior entre as duas datas, pois para a semeadura em 1 de março, a irrigação foi de 113,2 mm, com resultados próximos aos do mês de fevereiro, (Tabela 2). A semeadura no dia 15 de março teve um comportamento diferente, com a diminuição do total de irrigação (85,2 mm), nesta data o total de chuvas foi superior à ETc acumulada, que por sua vez foi inferior as

simulações anteriores.

No mês de abril, a média de ETc demonstrou valores inferiores, diminuindo o uso de água por irrigação, mas sendo superior à semeadura feita no dia 15 de abril, pois a chuva total também foi menor quando comparada com a semeadura feita no dia 1 de abril. Ao realizar a semeadura no mês de maio, os valores de ETc e chuva acumulados diminuíram durante o ciclo, aumentando assim a lâmina de água via irrigação. Nas duas últimas simulações realizadas no mês de junho, a ETc acumulada aumentou gradualmente e a chuva total representou os menores números encontrados de todas as simulações, e desta forma este ciclo da cultura foi o que mais demandou utilização de irrigação.

Na Figura 7 está representada a ETc média diária para cada ciclo nos diferentes dias de semeadura, assim como a irrigação total a ser aplicada e os dias que o solo se encontrou acima da capacidade de campo pelo excesso de água causado pela alta intensidade de chuvas ou má distribuição das mesmas. Observa-se que para as três primeiras simulações a ETc e a irrigação estão com números altos, mas vem diminuindo até chegar aos valores mais baixos entre os dias de semeadura entre 15 de março e 15 de abril. O começo do ciclo em 1 de abril teve os melhores resultados para realizar a semeadura, com valores de ETc e irrigação mais baixas.

Tanto a ETc como a chuva foram as principais variáveis que influenciaram a determinação da melhor época de semeadura, acarretando menores custos pelo uso da irrigação.

A determinação e o estudo da ETc para conseguir melhores produtividades com os menores custos possíveis é importante e deve ser integralizado por meio

Tabela 2. Evapotranspiração da cultura (ETc) do feijoeiro, chuva, irrigação e número de dias acima da capacidade de campo (CC) durante o ciclo da cultura para o ano 2017, em Itapura - SP.

Data de semeadura	Dados 2017				
	ETc média (mm dia ⁻¹)	ETc Ciclo (mm/ciclo)	Chuva (mm/ciclo)	Irrigação (mm/ciclo)	Dias acima da CC (> 30 mm)
1 de fevereiro	3,5	335,6	377,3	160,2	42
15 de fevereiro	3,2	306,9	380,8	138,6	37
1 de março	2,9	274,5	387,2	113,2	42
15 de março	2,6	248,6	325,2	85,2	36
1 de abril	2,4	228,6	201,6	76,1	32
15 de abril	2,3	222,1	175,6	110,8	29
1 de maio	2,4	225,2	117,9	153,2	22
15 de maio	2,5	235,3	135,7	179,0	16
1 de junho	2,7	257,0	70,0	178,7	15
15 de junho	3,1	293,2	64,4	203,6	10

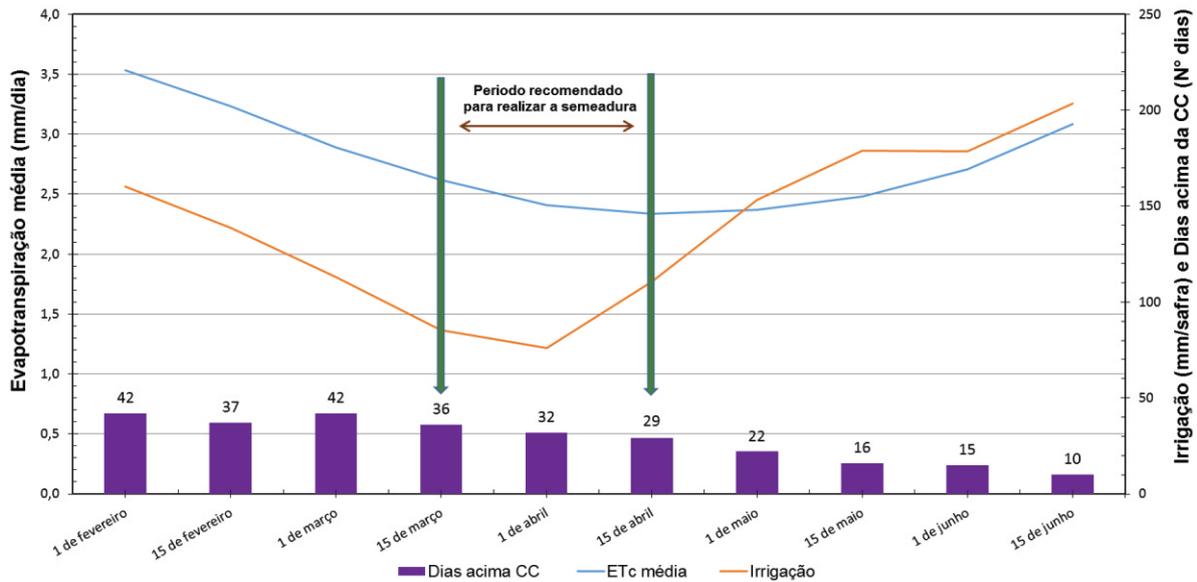


Figura 7. Evapotranspiração média do feijoeiro e chuva durante os diferentes períodos de semeadura que foram utilizados para simulação.

de programas educacionais ou promocionais. Faber e Snyder (1990) relataram que talvez o motivo mais limitativo para o uso da ETc é a falta de informação, incentivo ou meios para ser determinada. Este é um problema não apenas para programação baseada em ETc, mas também para todos os métodos de programação de uso da água.

Para o caso da ETc na literatura sempre se recomenda a metodologia simples do livro FAO 56, onde os valores de Kc da FAO 24 foram reajustados para trabalhar com Penman-Monteith e assim ter novos valores de Kc que representam o crescimento da cultura e um fácil entendimento destes valores para culturas adicionais, e esta definição simplificada de crescimento de culturas em FAO 24 e FAO 56 foi rapidamente aceita por usuários e pesquisadores (Pereira et al., 2015).

Nesta linha de raciocínio os programas de extensão devem-se enfatizar mais nos agricultores em como medir e realizar a aplicação de água, usando programas que auxiliem na programação da irrigação. Outro problema associado é a falta de capacidade da maioria dos agricultores para medir a eficiência de produção, e assim o problema aplica-se não apenas a determinação do consumo de água da planta baseado na ETc, mas também em métodos de monitoramento de solo e planta.

A importância destas simulações diárias do balanço hídrico realizadas por meio de planilhas eletrônicas considerando a ETo e os valores adequados do Kc da cultura permite-nos obter cálculos de balanço de água mais confiável, e desta forma melhorar a exatidão das estimativas de uso da água para o planejamento de recursos hídricos no Noroeste Paulista. Esse

procedimento foi feito por Orang et al (2013), que realizaram um modelo para a gestão de água do estado da Califórnia, nos Estados Unidos (California Water Program - CWP), que fornece um relatório detalhado sobre o abastecimento e a demanda de água. Como demonstrado por Mancuso et al. (2015), este modelo de balanço de água no solo é capaz de simular a quantidade de água diária requerido pela cultura por meio da determinação da evapotranspiração da cultura, e assim determinar a quantidade de água e os dias que são precisos para realizar a irrigação durante o ciclo da cultura.

Os resultados encontrados nas simulações para 2017 demonstraram que a faixa dos dias de semeadura do 15 de março até o 15 de abril é a mais recomendada, considerando que a quantidade de água aplicada pela irrigação foi a menor e que as condições agrônômicas são as melhores para o manejo e controle de doenças no feijoeiro, como descrito anteriormente por Avilez e Hernandez (2017) na análise de dados históricos para a escolha da data de semeadura do feijoeiro (15 de abril).

Nas semeaduras entre 15 de março e 15 de abril apresentaram os menores custos, 35% menor que o custo máximo que foi obtido na data de semeadura do dia 15 de junho. Ainda assim, essa data de menores custos é mais recomendada que quando a cultura é plantada em época chuvosa, pois estes períodos chuvosos também são períodos de altas taxas de evapotranspiração. Portanto os períodos a partir dos meses de maio até agosto são os menos viáveis devido aos altos custos gerados por produção. Observa-se ainda que, os dias recomendado para o produtor semear o feijão devem coincidir com a

Tabela 3. Tempo de irrigação e consumo de energia em kWh e em R\$.

Data de semeadura	Tempo Ir rrigação		Consumo energia		Consumo de energia		Total
	Normal	Diferenciada	Normal	Diferenciada	Normal	Diferenciada	
	hrs		kWh		R\$		
1 de fevereiro	237,3	135,0	38748,9	22045,5	7911,0	1350,3	9261,3
15 de fevereiro	196,0	126,0	32005,0	20575,8	6534,1	1260,3	7794,4
1 de março	154,9	108,0	25299,2	17636,4	5165,1	1080,2	6245,3
15 de março	116,9	81,0	19088,7	13227,3	3897,1	810,2	4707,3
1 de abril	104,8	72,0	17107,4	11757,6	3492,7	720,2	4212,8
15 de abril	131,1	126,0	21412,8	20575,8	4371,6	1260,3	5631,9
1 de maio	211,9	144,0	34595,8	23515,2	7063,1	1440,3	8503,4
15 de maio	253,9	162,0	41454,1	26454,6	8463,3	1620,3	10083,6
1 de junho	244,1	171,0	39853,8	27924,3	8136,6	1710,4	9846,9
15 de junho	284,0	189,0	46369,1	30863,7	9466,7	1890,4	11357,1

colheita no mês de julho, devido aos valores da saca encontrarem-se superiores no mercado, segundo dados do IEA (2017).

Conclusões

O balanço hídrico diário realizado em diferentes datas de semeadura do feijoeiro é uma ferramenta viável para o planejamento e escolha da data de semeadura visando a diminuição dos custos de produção, aumento da produtividade e o planejamento do armazenamento da água para uso futuro.

Os dados provenientes das estações agrometeorológicas são de grande importância, já que estes são usados como uma ferramenta com a qual é possível realizar várias simulações e assim encontrar a melhor época de semeadura da cultura do feijoeiro.

Para Noroeste Paulista o período recomendado para a semeadura do feijoeiro é final de março a início de abril.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa de Estudos concedida ao primeiro autor e à FAPESP e CNPq pelo suporte financeiro na implantação e manutenção da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista.

Literatura Citada

Allen, R.G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO, Irrigation and Drainage

- Paper, 56. Rome, 1998. 300p.
- Ávila, R. M.; Barizão, O. D.; Gomes, P. E.; Fedri, G.; Albrecht, P. L. Cultivo de feijoeiro no outono/inverno associado à aplicação de bioestimulante e adubo foliar na presença e ausência de irrigação. *Scientia Agraria*, v.11, p.221-230, 2010.
- Avilez, A. M. A.; Hernandez, F. B. T. Semeadura do feijoeiro em função da disponibilidade hídrica no solo no município de Itapura - SP. In: *Inovagri International Meeting*, 4; CONIRD - Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 26; SBS - Simpósio Brasileiro de Salinidade, 3, Fortaleza, 2017.
- Azevedo, J. A.; Caixeta, T.J. Irrigação do feijoeiro. Planaltina: Circular Técnica, 20. Embrapa CPAC, 1986. 60p.
- Cardoso, J. E. Doenças do feijoeiro causadas por patógenos de solo, EMBRAPA - Goiânia, Doc. 30, 1990. 30p.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Quarto levantamento da Safra 2016/17 v. 4, n. 4, Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017.pdf. Acesso em 25 de fevereiro de 2017.
- Doorenbos, J.; Kassam, A. H. Yield response to water. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33. Rome, 1979. 193p.
- Doorenbos, J.; Pruitt, J. O. Crop water requirement. FAO, Irrigation and Drainage Paper, 24. Rome, 1977. 144p.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. CNP-Arroz e Feijão promove reunião e cursos sobre o cultivo da cultura do caupi. Brasília: v.9, 1982. p.46-82.

- Faber B.A.; Snyder R. Extension activities needed to expand use of evapotranspiration data for irrigation. *Journal Agronomic Education*, v.19, n. 1, p. 8-13, 1990.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistic Division. Production / Crops. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em 27 de novembro de 2016.
- Hernandez, F. B. T.; Souza, S. A. V. de; Zocoler, J. L.; Frizzone, J. A. Simulação e efeito de veranicos em culturas desenvolvidas na região de Palmeira d'Oeste, estado de São Paulo. *Engenharia Agrícola*, v.23, n.1, p.21-30, 2003.
- IEA - Instituto de Economia Agrícola. Preços médios mensais de vendas no mercado. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/Precos_Medios.aspx?cod_sis=3>. Acesso em 20 fevereiro 2017.
- Jadoski, S. O.; Carlesso, R.; Lavarda, G.; Frizzo, R. Z. Manejo da irrigação para maximização do rendimento de grãos do feijoeiro. *Irriga*, v.8, n.1, p.1-9, 2003.
- Maiolo, G. P. Manejo do mosaico dourado em feijão. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ/USP, 2016. Disponível em: <<http://www.clubeamigosdocampo.com.br/artigo/manejo-do-mosaico-dourado-em-feijao-1314>>. Acesso em 23 de fevereiro de 2017.
- Mancuso, N.; Spano, D.; Orang, M.; Sarreshteh, S.; Snyder, R. SIMETAW - A model for agricultural water demand planning. *Water Resources Management*, v.30, n.2, p.541-557, 2015.
- Martins, C.A. S.; Reis, E. F.; Tomaz, M. A.; Garcia, G. O. Crescimento e produção do feijoeiro comum cultivado sob déficit hídrico. *Water Resources and Irrigation Management*, v.6, n.1, p.95-106, 2017.
- Oliveira, A. D.; Fernandes, E. J.; Rodrigues, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.1, p.86-95, 2005.
- Orang, M. N.; Snyder, R. L.; Geng, S.; Hart, Q. J.; Sarreshteh, S.; Falk, M.; Beaudette D.; Hayes S.; Eching, S. California simulation of evapotranspiration of applied water and agricultural energy use in California. *Journal of Integrative Agriculture*, v.12, n.8. p.1371-1388, 2013.
- Pereira, L. S.; Allen, R. G.; Smith, M.; Raes, D. Crop evapotranspiration estimation with FAO 56: Past and future. *Agricultural Water Management*, v.147, p.4-20, 2015.
- Santos, G. O.; Hernandez, F. B. T.; Rossetti, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.4, n.3, p.142-149, 2010.
- Squizzato, M. Evolução e identificação da área irrigada por pivô central no Noroeste Paulista. Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2017. 39p.
- Stikic, R.; Popovic S.; Srdic, M.; Savic, D.; Jovanovic Z., Prokic L.; Zdravkovic J. Partial root drying (PRD): A new technique for growing plants that saves water and improves the quality of fruit. *Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special issue*, p.164-171, 2003.
- UNESP - Universidade Estadual Paulista. Acesso à base diária: Canal CLIMA. Ilha Solteira: UNESP - Faculdade de Engenharia - Departamento de Fitossanidade e Engenharia Rural e Solos - Área de Hidráulica e Irrigação, 2017. Disponível em: <<http://clima.feis.unesp.br>>. Acesso em 19 de fevereiro de 2017>. Acesso em 20 outubro 2017.