

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Giovana Oliveira Marques
Engenheira Agrônoma

**Avaliação de variedades de soja sob diferentes manejos de irrigação em
SPD no Noroeste Paulista**

Dracena
2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Giovana Oliveira Marques
Engenheira Agrônoma

**Avaliação de variedades de soja sob diferentes manejos de irrigação em
SPD no Noroeste Paulista**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas
– Unesp, Câmpus de Dracena como parte das
exigências para conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Cintra Lima
Co-orientador: Prof. Dr. Rafael Simões Tomaz

Dracena
2022



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Avaliação de variedades de soja sob diferentes manejos de irrigação em SPD no Noroeste Paulista

Modalidade: **Atividades de pesquisa;**

Autor: Giovana Oliveira Marques

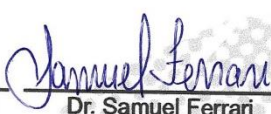
Orientador (a): Prof. Dr. Ronaldo Cintra Lima

Co-orientador(es): Prof. Dr. Rafael Simões Tomaz

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 14/07/2022


Dr. Ronaldo Cintra Lima


Dr. Samuel Ferrari


MSc. Artur Bonini Prado

OFERECIMENTOS/DEDICATÓRIA

Ao meu pai Roberto José Marques, minha mãe Ana Maria Carvalho de Oliveira Marques e meu irmão Kaio Roberto Oliveira Marques, que me educaram e me proporcionaram essa oportunidade, no qual são exemplos fundamentais para a minha vida pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde e oportunidade de chegar até aqui, por me amparar e me dar forças para continuar.

A toda minha família, em especial meus pais Roberto e Ana Maria e meu irmão Kaio que me incentivaram e me apoiaram durante toda a trajetória, deixo aqui toda minha gratidão por tê-los em minha vida. Essa conquista também é de vocês.

Ao meu namorado Thiago que desde sempre se fez presente em minha vida acadêmica, me ajudando e me apoiando principalmente nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ronaldo Cintra de Lima pelo apoio, confiança, dedicação e por todos os ensinamentos ao decorrer do curso, sempre muito prestativo, pela amizade, serei eternamente grata.

Ao coorientador Prof. Dr. Rafael Simões Thomaz, por todo conhecimento passado e por toda ajuda necessária neste trabalho.

A todos os professores da FCAT, que me ajudaram nesta fase acadêmica, por todo conhecimento e experiência passado.

Aos membros do grupo de estudos GEIA, Gabriela, Luiz, Rondineli, Gabriel Kazuo, Dhara, Lucca, José Vitor, que auxiliaram na realização e condução deste trabalho.

A minha amiga, companheira de turma e de experimento Gabriela, no qual vivemos muitas coisas boas, excelente pessoa que quero levar para a vida. Ao meu grande amigo João Victor (Tesouro) e minha amiga Mikaelle (Senta- Lento), por todos os bons momentos que compartilhamos.

A república Cai&Pira no qual eu fiz parte, deixo meus agradecimentos por todos os momentos vividos ao lado de vocês.

A Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT) – UNESP, Campus de Dracena que proporcionou todo apoio para minha formação e a todos os funcionários da unidade. Em especial aos técnicos Alan, Adriano e Fábio que sempre estiveram à frente para nos ajudar nas atividades de campo.

A VI turma de Engenharia Agrônômica e as demais por onde passei, onde fiz grandes amizades.

RESUMO

A soja (*Glycine Max L.*) é a principal cultura agrícola do país e a principal fonte de renda dos produtores rurais brasileiros. O Brasil é o maior produtor e exportador de soja, equivalente à uma das principais commodities (produtos usados como matéria-prima) do mundo. A irrigação na cultura da soja é uma prática utilizada para suprir a disponibilidade da água oriunda da chuva, proporcionando ao solo teor de umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas da cultura. Existem vários métodos para auxiliar no manejo da irrigação, podendo ser via atmosférica onde se utiliza os dados dos sensores para realizar o cálculo da Evapotranspiração de Referência (ET_o) através de equação, e do Coeficiente da Cultura (K_c); e o manejo da irrigação via solo, onde se utiliza sensores que determinem a umidade do solo baseado na tensão do solo ou na diferença de potencial elétrico. O objetivo do trabalho foi avaliar os atributos agronômicos de variedades de soja sob diferentes métodos de manejos de irrigação com sensores de umidade via solo e via atmosfera, com intuito de irrigar em quantidades adequadas. O experimento foi desenvolvido na safra de verão 21/2022, em área experimental no Campus da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena – UNESP, o experimento foi instalado em parcelas subdivididas em esquema fatorial 4x3, constituído por quatro variedades de soja Inquima Intellicrops: ICS 1332, ICS 7019, ICS 6119 e ICS 5619, e três métodos de manejos da irrigação, método da evapotranspiração de referência (ET_o), Tensiômetro e o sensor HidroFarm HFM com 3 repetições. Conclui-se que a ET_o foi o método que proporcionou maior produtividade de grãos para as variedades ICS 5619 (3612 Kg ha⁻¹) e ICS 7019 (3653 Kg ha⁻¹). Todavia, o método de Tensiômetro, apresentou maiores resultados para altura de plantas, para as variedades ICS 7019 (57.4) e ICS 1332 (48.4). A variedade ICS 7019 foi a que apresentou os maiores dados de MMG e Hpv.

Palavras-chave: *Glycine Max L.*, irrigação, sensores de umidade de solo, ET_o.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* L.) is the main agricultural crop in the country and the main source of income for Brazilian rural producers. Brazil is the largest producer and exporter of soybeans, equivalent to one of the main commodities (products used as raw materials) in the world. Irrigation in soybean crops is a practice used to supply the availability of water from rain, providing the soil with sufficient moisture content to meet the crop's water needs. There are several methods to assist in irrigation management, which can be via atmospheric, where sensor data is used to calculate the Reference Evapotranspiration (ET_o) through equation, and the Crop Coefficient (K_c); and soil irrigation management, using sensors that determine soil moisture based on soil tension or electrical potential difference. The objective of this work was to evaluate the agronomic attributes of soybean varieties under different irrigation management methods with soil and atmospheric moisture sensors, in order to irrigate in adequate amounts. The experiment was carried out in the 21/2022 summer crop, in an experimental area on the Campus of the Faculty of Agricultural and Technological Sciences of Dracena - UNESP, the experiment was installed in subdivided plots in a 4x3 factorial scheme, consisting of four Inquima Intellicrops soybean varieties: ICS 1332, ICS 7019, ICS 6119 and ICS 5619, and three irrigation management methods, reference evapotranspiration (ET_o) method, Tensiometer and the HidroFarm HFM sensor with 3 replications. It is concluded that ET_o was the method that provided the highest grain yield for the ICS 5619 (3612 Kg ha⁻¹) and ICS 7019 (3653 Kg ha⁻¹) varieties. However, the Tensiometer method presented higher results for plant height, for the ICS 7019 (57.4) and ICS 1332 (48.4) varieties. The ICS 7019 variety presented the highest MMG and Hpv data.

Keywords: Glycine Max L, irrigation, soil moisture sensors, ET_o.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	1
2.OBJETIVO	2
3.REVISÃO DE LITERATURA	2
3.1 Origem e importância econômica da soja	2
3.2 Sistema de plantio direto	3
3.3 Manejo da Irrigação	5
3.4 Capacidade de água disponível (CAD)	6
3.5 Evapotranspiração de referência (ET _o)	7
3.6 Sensores de umidade de solo – Tensiômetro de Punção	8
3.7 HidroFarm	9
4.MATERIAL E MÉTODOS	10
4.1 Localização e Características da área experimental	10
4.2. Histórico da área.....	11
4.3. Delineamento experimental	11
4.4 Descrição das variedades utilizadas	11
4.5 Implantação do experimento a campo	12
4.6 Manejo da irrigação	18
4.7 Manejo da irrigação via atmosfera (ET _o)	19
4.8 Manejo da Irrigação via Tensiometria	21
4.9 Manejo da Irrigação via HidroFarm	21
4.9.1 Parâmetros Avaliados	22
4.10. Análise estatística dos dados.....	23
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6.CONCLUSÕES	30
7.REFERÊNCIAS	31

1.INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine Max L.*) é a principal cultura agrícola do país e a principal fonte de renda dos produtores rurais brasileiros. O grão tem um peso fundamental na balança econômica comercial do país. Nos últimos anos a cultura vem ganhando ainda mais espaço, devido a sua rentabilidade. Durante a safra 2020/21 o Brasil produziu cerca de 135,409 milhões de toneladas em uma área plantada de 38,502 milhões de hectares, com produtividade de 3.517 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2021).

O Brasil é o maior produtor e exportador de soja, equivalente a uma das principais commodities (produtos usados como matéria-prima) do mundo. Desta matéria prima derivam-se os grãos para consumo humano, o farelo é um importante componente da nutrição animal e o óleo é usado para produzir produtos de consumo para cozinhar, remédios e biodiesel. É possível notar a expansão do cultivo de soja no estado de São Paulo. Segundo dados do IEA de abril de 2021 indicam uma área 5,3% maior que a contabilizada em 2019/20, alcançando 1.159,2 mil ha. Em termos produtivos, o crescimento é de 1,8%, com média de 3.548 kg ha⁻¹ (IEA, 2021).

O sistema de plantio direto ocupa posição dominante na produção brasileira de alimentos, respondendo por quase 70% da área plantada com grandes culturas e mais de 90% da área de soja. Trata-se de um sistema de manejo de solo diferenciado, com o objetivo de reduzir o impacto da agricultura e das máquinas agrícolas, fazendo com que o Brasil colha até três vezes ao ano. Segundo FRANCHINI *et al.* (2010) como vantagens, o SPD diminui a erosão, proporciona maior umidade no solo, melhora os níveis de fertilidade do solo, mantém ou aumenta a matéria orgânica, proporciona redução dos custos de produção e permite a melhor racionalização no uso de máquinas, implementos e equipamentos.

A irrigação na cultura da soja é uma prática utilizada como um complemento a disponibilidade da água oriunda da chuva, proporcionando ao solo teor de umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas da cultura. A quantidade de água que deve ser aplicada por irrigação é comumente a necessária para que o solo retorne a sua condição de capacidade de campo na camada de solo correspondente à profundidade efetiva do sistema radicular da cultura.

Para isso existe vários métodos para realizar o manejo da irrigação, podendo ser via atmosférica onde se utiliza os dados dos sensores para realizar o cálculo da Evapotranspiração de Referência (ET_o) através de equação, e do Coeficiente da

Cultura (Kc); e o manejo da irrigação via solo, onde se utiliza sensores que determinem a umidade do solo baseado na tensão do solo ou na diferença de potencial elétrico. Para auxiliar no manejo da irrigação os produtores contam com equipamentos tecnológicos capazes de realizar o monitoramento da água do solo. O Tensiômetro é um dispositivo que mede a tensão com que a água está retida pelas partículas do solo, conhecido por potencial matricial. Já o HidroFarm é um equipamento que mede a umidade volumétrica do solo através da impedância do solo em alta frequência.

Segundo KONGYAN (2005), para aumentar a eficiência do uso de água, os agricultores, além de sistemas de irrigação mais eficientes, necessitam investir em novas tecnologias poupadoras de água, como aquelas relacionadas ao manejo racional de água, à redução das perdas de água por evaporação, a adoção de tais tecnologias geralmente permite reduzir o gasto de água entre 10% e 50%, inclusive com incremento de produtividade.

2.OBJETIVO

Avaliar os atributos agronômicos de variedades de soja sob diferentes métodos de manejos de irrigação com sensores de umidade via solo e via atmosfera, tais como, Tensiômetro de Punção, HidroFarm HMF 1010 e ETo (Penman-Monteith) com intuito de irrigar em quantidades adequadas.

3.REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Origem e importância econômica da soja

A soja (*Glycine max* L.) apresenta o nordeste da Ásia como seu centro de origem domesticação (CHUNG & SINGH, 2008). Inicialmente eram plantas rasteiras que sedesenvolviam ao longo da margem do rio Yangtse, na China. Sua evolução se teve

através de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem que posteriormente foram melhoradas por cientistas.

No Brasil, o primeiro relato sobre o surgimento da soja através de seu cultivo é de 1882, no estado da Bahia (BLACK, 2000). Porém a introdução da cultura teve como marco principal no ano de 1901 quando começaram os cultivos na Estação Agropecuária de Campinas e em seguida a distribuição das sementes para os produtores. Em 1966, a produção comercial de soja já era uma necessidade estratégica, sendo produzidas cerca de 500 mil toneladas no país (EMBRAPA SOJA).

A expansão da cultura pelo território brasileiro apenas foi possível através da implantação de programas de melhoramento genético, no qual foram desenvolvidos cultivares aptos para cada região. E atualmente o Brasil lidera o ranking de produção mundial de soja, seguido dos EUA ocupando a segunda posição. Dentre os estados brasileiros produtores de soja o que mais se destaca em produção é o Mato Grosso produzindo cerca de 35,947 milhões de toneladas anuais (CONAB,2021).

A soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, é um importante produto agrícola para alimentação animal e humana e outros usos, devido aos seus altos níveis de proteína (40%) e óleo (20%) que estão associados a alta de produção de alimentos (SEDIYAMA *et al.*, 2009). Recentemente, vem crescendo também o uso como fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO & ROSSI, 2000).

A produção global de soja na safra 20/21 foi de 362,947 milhões de toneladas uma área plantada de 127,842 milhões de hectares (USDA,2021). O Brasil tornou-se o maior produtor mundial de grãos com uma área de plantio de 38,502 milhões de hectares e uma produção de 135,409 milhões de toneladas. Os altos preços da soja nos últimos anos transformaram a oleaginosa na principal cultura do Brasil, possuindo uma área equivalente a 49% da área de cultivo de grãos do país. No qual nos dias atuais é o carro chefe das exportações brasileiras correspondendo por 40% do comercio mundial de grãos.

3.2 Sistema de plantio direto

O preparo do solo progrediu muito desde os primórdios das atividades agrícolas, com a utilização da tecnologia e práticas atualizadas de manejo. Diante desta evolução o sistema de plantio direto está entre os mais importantes vistos do ponto de vista ecológico. A utilização do sistema de plantio direto (SPD) vem se destacando devido a conscientização dos agricultores e da necessidade de uma

produção sustentável com intuito de melhorar ou manter a qualidade do solo (COELHO, 2006). O gerenciamento desta atividade conservacionista é caracterizado por não revolver o solo na hora da semeadura e por fazer o uso de rotação de culturas para que assim seja realizada a manutenção da palhada (PEREIRA *et al.*, 2009b).

Diversos foram os estudos que comprovam a real eficiência do sistema de plantio direto quando comparado ao preparo convencional (preparo em que ocorre o revolvimento do solo), o fato de não revolver o solo ocasiona uma lenta decomposição da matéria orgânica (CARVALHO *et al.*, 2004). A lenta e gradual decomposição do material orgânico proporciona melhores características químicas, físicas e biológicas para esse solo, tornando-o mais fértil e ainda podendo resultar em redução da quantidade de adubos e corretivos (AMADO *et al.*, 2002; BERNARDI *et al.*, 2003; COLLIER *et al.*, 2006).

A introdução do SPD no Brasil ocorreu no final da década de 1960, em pequenas áreas como forma de pesquisa acadêmica sobre manejos conservacionistas, contudo a prática já era utilizada por muito tempo na Europa e nos Estados Unidos (MOTTER; ALMEIDA, 2015). O agricultor Herbert Bartz foi pioneiro na adoção do sistema de plantio direto no Brasil, ele importou máquinas agrícolas dos Estados Unidos e passou a realizar cultivos experimentais sobre SPD em sua propriedade localizada em Rolândia no estado do Paraná (FIDELIS *et al.*, 2003). Diversos trabalhos foram conduzidos na propriedade desde então, porém os resultados foram publicados em 1974 e se apresentam como primeiro registro de pesquisa utilizando métodos conservacionistas de solo em território brasileiro (CASÃO JUNIOR *et al.*, 2012).

O sucesso da implantação do SPD foi inevitável e chamou a atenção de outros produtores de várias regiões levando a adotarem também a prática. O “clube da minhoca” foi criado em 1979 por agricultores com objetivo de difundir o sistema no Brasil e nos outros países da América Latina (MOTTER; ALMEIDA, 2015).

O SPD é constituído de três bases essenciais para o sucesso da prática a primeira delas é ausência ou o mínimo de revolvimento de solo, em seguida a cobertura do solo com palhada e rotação de culturas. A ausência de revolvimento ou revolver minimamente é o foco do SPD, o indicado pelos especialistas é revolver apenas a linha que será semeada. A palhada nada mais é que a matéria orgânica formada por restos culturais da planta colhida, a colhedora separa os grãos e os galhos, folhas e raízes são triturados e depositados ao solo. Como principais

vantagens a palhada ajuda na redução do impacto da gota da chuva na superfície do solo evitando assim erosões, auxilia na temperatura ideal para as plantas, e diminui a perda de água por evapotranspiração.

No ano de 2020, a técnica foi utilizada em 36 milhões de hectares, o que representa aproximadamente 54% da área produzida no Brasil. Segundo especialistas ainda há desafios e metas a serem alcançadas no setor, como saltar de 36 milhões de hectares para 48,5 milhões de hectares em 10 anos. Além disso, no ano passado o sistema de plantio direto contribuiu para a diminuição de 59,5 milhões de toneladas de CO², ou seja, cerca de 10% das emissões do agronegócio (ELIZA MALISZEWSKI, 2021).

3.3 Manejo da Irrigação

Apesar do progresso em pesquisas o potencial de cultivares de maior rendimento ainda é limitado pela disponibilidade de água no solo. Irrigação é a prática adotada visando o fornecimento de água artificial às lavouras com o intuito de proporcionar condições ideais para o desenvolvimento das plantas e consequentemente atingir máxima produtividade. (SEDIYAMA *et al.*, 2015b).

Atualmente presenciando a alta incidência de “veranicos” e estiagem no qual são os principais responsáveis por causarem altas perdas na produtividade, tem-se adotado cada vez mais o uso de irrigação complementar visando suprir as necessidades da lavoura. Segundo (CUNHA & BERGAMASCHI, 1992; CASAGRANDE, 2001; EMBRAPA, 2002) os períodos mais críticos de estresse hídrico que afetam diretamente a produção de grãos são a germinação e o período de enchimento de grãos.

Sabendo que a soja é uma cultura rentável ela tem sido utilizada como alternativa para rotação de culturas e também sendo cultivada após a época recomendada contando com tecnologias como irrigação. Segundo a FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação estima que até o ano de 2030 a irrigação nos países em desenvolvimento deverá crescer em 20% oferecendo sistemas mais eficientes e produtivos.

Visando produzir com qualidade e em maior quantidade cabe a comunidade científica, investir em novos conhecimentos sobre as necessidades hídricas de cada cultura com o intuito de otimizar os recursos naturais e diminuir os impactos ambientais (REIS *et al.*, 2007; MORAIS *et al.*, 2008; SANTANA *et al.*, 2009).

3.4 Capacidade de água disponível (CAD)

O solo é composto por uma parte sólida no qual se enquadra minerais e matéria orgânica, uma parte líquida constituída pela solução do solo e uma porção gasosa formada pelo ar do solo. As partes líquida e gasosa ocupam o espaço livre no solo que são chamados de poros, eles podem variar de tamanho e se dividem em macroporos e microporos. Os macroporos possuem diâmetro superior a 0,1 mm e devido a isso perdem água com facilidade através da ação da gravidade. Entretanto os microporos possuem diâmetro menor que 0,05 e por isso tem maior capacidade de resistência a perda de água.

De acordo com (SAAD,1992), o tamanho dos poros responsáveis por reter e disponibilizar água às plantas varia de 0,05 a 0,0002 mm, e a partir de poros menores que 0,0002 mm, as plantas não conseguem absorver água. Os espaços livres proporcionados pelos poros do solo permitem que a água (da chuva ou irrigação) seja armazenada em uma proporção que varia de acordo com a relação entre macroporos e microporos, ou seja quanto maior a quantidade de microporos maior será a capacidade do solo de armazenar água sem perder por gravidade e vice e versa.

CAD (Capacidade Hídrica Disponível) é uma importante informação no manejo da irrigação. Ela representa a capacidade máxima que um determinado tipo de solo pode reter, dependendo de suas propriedades físico-hídricas, ou seja, umidade de capacidade de campo (θ_{cc}), ponto de murcha permanente (θ_{pmp}), massa específica do solo (ρ_d) e profundidade efetiva do sistema radicular (Z_r), dos quais cerca de 80% raízes são encontradas.

A CAD de um solo é definida por dois limites de umidade. O limite superior, conhecido como capacidade de campo (CC), é a quantidade máxima de água que o solo pode armazenar sem perdas por lixiviação. Isso ocorre porque a força gravitacional exercida para baixo pelo peso e a força capilar dos poros estão agora em equilíbrio, interrompendo assim a penetração da água. No limite inferior da CAD, o chamado ponto de murcha permanente (PMP), o armazenamento de água é tão pequeno que as plantas não conseguem retirar água dos poros mesmo gastando muita energia, pois a tensão da água no solo neste momento é muito alta (15atm). Diz-se que um solo está saturado de água quando todos os seus poros estão preenchidos com água.

3.5 Evapotranspiração de referência (ET_o)

A evapotranspiração é um processo que pode ser definido como a evaporação da água do solo mais a transpiração das plantas. Por meio desse processo, a água é devolvida à atmosfera, portanto, está diretamente relacionada ao ciclo da água. O termo "evapotranspiração" foi definido por Thornthwaite no início dos anos 1940 para definir a ocorrência simultânea do processo de evaporação da água no solo e a transpiração das plantas. No qual é controlada através do balanço de energia, pela demanda atmosférica e abastecimento de água do solo para plantas.

O termo de evapotranspiração de referência (ET_o) foi definido por DOORENBOS e PRUITT (1977) como aquele que ocorre em uma ampla superfície de cobertura de grama de 0,08 a 0,15 m, ativa crescendo totalmente sobre o solo e sem escassez de água. Em 1990, pesquisadores de diversos países, especialistas agrometeorológicos, detectaram que o termo ET_o possuía problemas, principalmente com a variabilidade das culturas de referência atualmente utilizadas, o que gerava erros e dificuldades experimentais em compará-las. Assim, propõe-se um novo conceito de ET_o, referente a evapotranspiração de alguma cultura a uma altura de 0,12m de resistência aerodinâmica da superfície de 70 sm⁻¹ e albedo de 0,23.

O método Penman-Monteith é recomendado pela FAO como padrão para estimativas da evaporação de referência, a partir de dados meteorológicos (ALLEN *et al.*, 1998). É considerado complexo, conciliando aspectos aerodinâmicos e termodinâmicos, incluindo resistência ao transporte de calor sensível e vapor de água, de acordo com esses fatores não há outro método que proporcione maior precisão da evapotranspiração (OLIVEIRA, 2003). Nas condições brasileiras, diferentes versões do modelo estão sendo amplamente utilizadas para determinar a ET_o, como visto por SEDIYAMA (1988) e PERES E SCARDUA (1991).

A evapotranspiração é a base do ciclo hidrológico da água, segundo estudos cerca de 70% da água depositada na superfície da terra é devolvida à atmosfera através desse processo. Além disso, as medições desse processo podem estimar a capacidade de reservatórios ou aquíferos, determinar o rendimento de bacias hidrográficas, auxiliar em projetos de irrigação para afins agrícolas e controlar a quantidade de água disponível para abastecer populações urbanas.

3.6 Sensores de umidade de solo – Tensiômetro de Punção

A utilização dos recursos hídricos na agricultura irrigada se torna cada vez mais preocupante, visto que a disponibilidade de água está cada vez mais escassa. Assim torna-se necessário a utilização de técnicas e equipamentos visando elevar a eficiência da irrigação, e para atender tais critérios os equipamentos que monitoram a água no solo são utilizados desde o planejamento do sistema e mais tardar na implantação do projeto. Sendo assim é de suma importância o conhecimento da umidade presente no solo, pois através deste dado é possível controlar a quantidade de água e o momento correto de sua aplicação, de acordo com a necessidade da cultura (FREITAS *et al.*, 2012).

O Tensiômetro, aparelho desenvolvido por Gardner em 1922 (CAMARGO *et al.*, 1982) é utilizado para medir a tensão da água ou o potencial da matriz do solo, que pode ser convertido em umidade do solo. Através da ajuda deste equipamento podemos determinar a umidade atual e o armazenamento de água no solo. Existem vários tipos de Tensiômetros, digitais e analógicos. Sabendo da relação entre a água no solo e a tensão em que ela se encontra é possível estabelecer indiretamente, o teor de água no solo a partir da leitura do presente aparelho. Para CAMPBELL & MULLA (1990), diante de todos os métodos para obtenção da tensão de água no solo, o Tensiômetro é talvez o mais utilizado.

A utilização do Tensiômetro traz como vantagens a leitura em tempo real da tensão de água no solo, e de forma indireta o teor de água no solo; facilidade de uso, desde que instalado corretamente e interpretado adequadamente, possui um custo-benefício baixo é de fácil aquisição, pois é encontrado com facilidade no comércio. A principal limitação é a necessidade de manutenção frequente, pois o ar se acumula na cavidade da capsula porosa em velocidade crescente quando a tensão da água no solo ultrapassa 30 KPa. Outra desvantagem significativa é a falta de automação, exigindo leituras manuais diárias do instrumento, isso leva muito tempo e pode afetar a medição.

O Tensiômetro é composto por um tubo rígido contendo água, uma cápsula cerâmica porosa fixada em sua extremidade inferior, que permite a troca de água entre o interior do tubo e o solo, e uma tampa na extremidade superior para manutenção do dispositivo. Durante a secagem, uma parte da água sai do Tensiômetro pela cápsula e entra no solo, criando um vácuo parcial em seu interior, que é medido por um

vacuômetro, que geralmente é fixado na extremidade superior do tubo. Após a irrigação da cultura, a umidade do solo é devolvida ao interior do Tensiômetro sob a ação do vácuo criado em condições de solo seco. Assim, os Tensiômetros permitem medir o “esforço” que as plantas fazem para extrair água do solo. O Tensiômetro de Punção usa uma tampa de borracha (tampão) na qual a agulha do tensímetro é inserida durante a leitura.

Devido ao custo relativamente alto dos tensímetros digitais, os Tensiômetros de punção só se tornam economicamente viáveis quando os usuários (agricultores) precisam usar pelo menos dez sensores.

3.7 HidroFarm

Para o uso consciente da irrigação, é de suma importância conhecer o comportamento da água no solo. De acordo (BRITO *et al.*, 2009) a variável a ser avaliada é a energia com que a água está retida pela fração sólida do solo, definida na literatura por potencial matricial. Vários são os métodos para determinar o teor de água no solo, dentre eles o manejo que mais se destaca devido sua versatilidade são os métodos eletrométricos (FREITAS *et al.*, 2012).

O HidroFarm é o medidor eletrônico de umidade do solo da FALKER que indica a disponibilidade hídrica do campo sem coletar amostras do solo, fornecendo informações instantâneas de forma simples e flexível para ajustar o gerenciamento da água na área. É um sistema simples que funciona muito bem como uma primeira ferramenta de controle.

Permite o uso econômico e racional da água. Também pode ser utilizado como complemento de outros sistemas, permitindo verificar a umidade real, trazendo informações para dentro da fazenda. Os resultados apresentados por GOMES *et al.* (2013) evidenciam a eficiência do uso do HidroFarm na obtenção da curva parcial de retenção de água no solo, descrevem o mesmo como sendo um excelente instrumento para monitorar a umidade do solo.

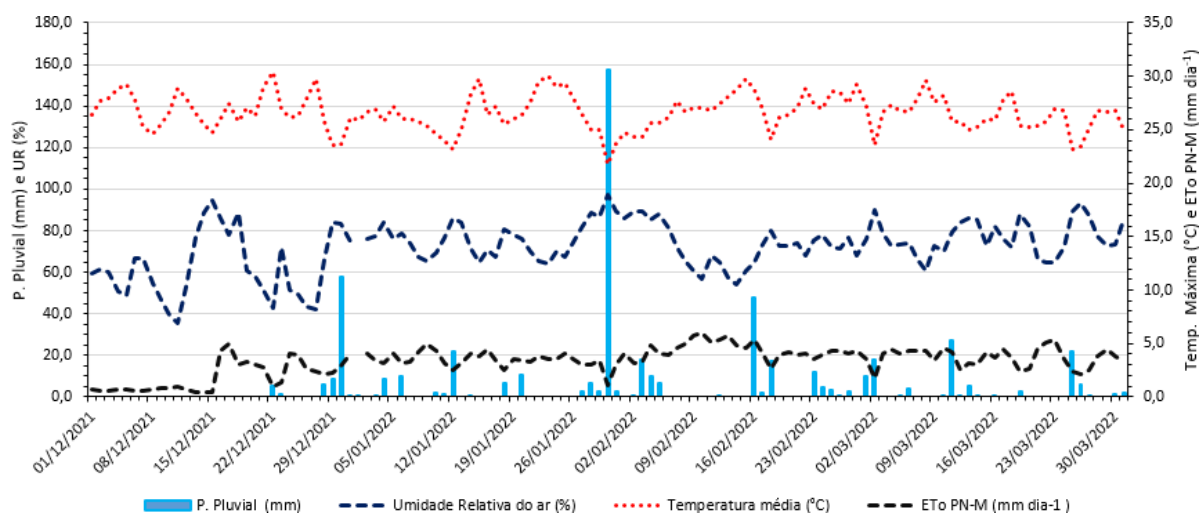
O aparelho HidroFarm ainda possuindo poucas informações sobre seu manejo e desempenho, é um instrumento no qual possui um sensor baseado na medida eletromagnética chamada de (ISAF) – Impedância do Solo em Alta Frequência, que é proporcional ao teor de água no solo permitindo determinar a umidade volumétrica (FALKER, 2012).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e Características da área experimental

O experimento foi desenvolvido na safra de verão 2021/22, em área experimental situada nas coordenadas de 51° 52' de longitude Oeste de Greenwich e 21° 29' de Latitude Sul e 420 m de altitude. O solo do local da pesquisa é um ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico de textura arenosa (EMBRAPA, 2013). Dados climáticos, médias anuais: temperatura 23,97 °C e U.R. relativa 64,23%, e precipitação pluvial de 1261 mm/ano. Segundo classificação de Köppen, o clima da região é o subtropical úmido, Aw, com verão quente e chuvoso de outubro a março e inverno seco e ameno de baixa precipitação pluvial de abril a setembro. Os dados climáticos de precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa do ar durante a pesquisa serão obtidos na estação Meteorológica Campbell Scientific CR10X, instalada na instituição de ensino superior.

Figura 1 - Comportamento edafoclimático da semeadura a colheita: precipitação pluvial (mm), evapotranspiração de referência - ETo (mm dia⁻¹), temperatura do ar média (°C), umidade relativa média (UR%) e irrigações realizadas (mm).



Fonte: Estação Meteorologica Automatica, Campbell Modelo CR10X - UNESP FCAT Campus de Dracena – SP.

4.2. Histórico da área

Antes da implantação do projeto a área foi explorada pela cultura da cana de açúcar e se encontrava em pousio com *Brachiaria decumbens* por 6 anos.

Em abril de 2021, foi realizada análise química do solo, logo após a área foi preparada com operação de grade pesada, na sequência foi aplicada a metade da dose requerida com calcário dolomítico PRNT de 85% de um total de 1,8 t/ha, para incorporação fez se uma aração profunda com arado de disco, após esta operação aplicou a outra metade de calcário a fim de elevar o V% a 70%, finalizando o preparo do solo com duas operações de grade niveladora. Em 16 de julho de 2021 foi implantada a cultura do sorgo forrageiro para oferecer palhada para implantação do SPD da sojade verão 2021/22.

4.3. Delineamento experimental

O experimento foi instalado sob delineamento de Parcela Subdividida em esquema fatorial 4x3, com quatro repetições, constituído por quatro variedades de soja da Inquima Intellicrops: ICS 1332, ICS 7019, ICS 6119 e ICS 5619, e três métodos de manejos da irrigação: método da evapotranspiração de referência (ET_o) obtida a partir da Estação Meteorológica Campbell Scientific CR10X, instalada na FCAT/UNESP à 300 m da área experimental, estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) e multiplicado pelo coeficiente da cultura (K_c) nas suas respectivas fases fenológicas; pelo método do Tensiômetro de Punção baseado na tensão do solo a -30 KPa (SAAD e LIBARD (1992), instalado na profundidade a 0,20m para definir o manejo e um a 0,35m que servirá como controle com 3 repetições; e método de percentagem de água no solo por meio do Sensor HidroFarm HFM 1010 que mede a impedância do solo em alta frequência, emitindo ondas eletromagnéticas (medição da umidade em escala de 0 – 60%) instalado a profundidade de 0,20m, calibrado para o tipo de solo da área experimental com 3 repetições.

4.4 Descrição das variedades utilizadas

Variedade ICS 1332 RR da empresa Intellicrops, no qual se apresenta possuindo um grupo de maturação de 6.2; hábito de crescimento indeterminado; boa ramificação; bom engalhamento; alto teto produtivo e é semeada com uma população

de plantas menor do que o recomendando, gerando um custo de produção menor; ciclo de 90 a 110 dias e altura de planta em média de 0,90 m.

Variedade ICS 7019 RR da empresa Intellicrops, possui um alto potencial produtivo; cultivar precoce o que possibilita o plantio da segunda safra; excelente arquitetura de plantas; seu ciclo varia de 108 a 112 dias; grupo de maturação 7.0; o porte da planta pode chegar a 0,75 m de altura e possui hábito de crescimento indeterminado.

Variedade ICS 6119 RR (Rodeo) da empresa Intellicrops, cultivar se enquadra ao grupo de maturação 6.3, hábito de crescimento indeterminado, possui elevado porte, elevado engalhamento e resistência ao acamamento e ao cancro das hastes.

Variedade ICS 5619 RR (Toro) da empresa Intellicrops, possui grupo de maturação 5.9; hábito de crescimento indeterminado; apresenta alto porte e alto engalhamento;

4.5 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO A CAMPO

Em abril de 2021 foram coletadas amostras simples de solo em profundidades de 0,0 – 0,20 cm e de 0,20 – 0,40 cm e posteriormente estas formaram uma amostra composta homogênea, o resultado da análise química foi utilizado como base para a realização dos cálculos de adubação baseada na produtividade esperada para a soja de verão irrigada (RAIJ et al, 2001). No dia 08 de outubro de 2021 o sorgo forrageiro foi totalmente dessecado e no dia 08 de novembro foram coletadas amostras da matéria seca da área (Figura 2), para que houvesse a caracterização da matéria seca utilizada como planta de cobertura da safra principal, a média de produção da matéria seca foi de 4,5 toneladas por hectare.

Na tabela 1 está apresentado os dados de fertilidade do solo da área experimental.

Figura 2 - Coleta de matéria seca.

Fonte: Dados do próprio autor.

Tabela 1- Caracterização química do solo da camada de 0,00 - 0,20 m realizada por meio de amostragem composta da área experimental, da FCAT - Dracena, SP, Brasil, 2021/2022.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+A	SB	CTC	V
em	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	----- (mmol _c dm ⁻³) -----					-----		(%)
5,2	12	13	2,8	16	8	0	18	26,8	44,8	60,7

Métodos de extração: P, Ca, Mg e K em resina.

Fonte: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, laboratório de fertilidade do Solo, 2021.

A soja foi semeada em 07 de dezembro de 2021 utilizando a semeadora da Marca GIHAL, Modelo GA 2500-E (Figura 3), configurada para plantio direto com 5 linhas disposta de disco de corte, sulcador e distribuição de adubo e semente mecânica com espaçamento de 0,45 m entre linha. Para a implantação do experimento foram utilizadas 16 sementes por m² linear para todas as variedades utilizadas tais como ICS 7019, ICS 6119, ICS 1332 e ICS 5619 (Toro), e para adubação de semeadura utilizou-se 495 Kg ha⁻¹ de superfosfato simples.

Figura 3 - Semeadora utilizada para a semeadura



Fonte: Dados do próprio autor.

As sementes de soja foram tratadas com inseticida Standak® Top (p.c.) (i.a Fipronil 250 g L⁻¹; Piraclostrobina 25 g L⁻¹; Tiofanato-metílico 225 g L⁻¹) na dosagem de 200 mL por 100 Kg de sementes, inoculante líquido Masterfix (Bradyrhizobium) com dosagem recomendada pelo fabricante de 100 mL para 50 Kg de sementes. Após a finalização da semeadura foi montado o sistema de irrigação e a área experimental foi irrigada por 5 horas para fornecer umidade suficiente para germinação. Em 13 de dezembro houve a instalação dos sensores (Figura 4).

Figura 4 - Instalação dos Tensiômetros à esquerda (A) e ao lado direito instalação dos HidroFarms (B).



Fonte: Dados do próprio autor.

O controle de pragas e plantas daninhas foi realizado com o pulverizador agrícola hidráulico da marca IMEP, Modelo MAXX THOR 600. Todas as aplicações de agroquímicos foram realizadas de forma a prevenir doenças fúngicas e controle de pragas, houve monitoramento semanal da lavoura com batidas de pano para medir a infestação e identificação de lagartas e percevejos quando os níveis de perda econômica foram atingidos, foi realizada aplicação de agrotóxicos.

No dia 04 de janeiro de 2022 aconteceu uma aplicação do herbicida ROUNDUP WG (i.a. Glifosato 792,5 g Kg⁻¹) nas doses 1,5 Kg ha⁻¹ em volume de calda de 240L d'água ha⁻¹, visando controlar plantas daninhas que estavam presentes na área. Em 05 de janeiro aplicou-se os inseticidas Engeo pleno (i.a. Tiametoxam 141 g L⁻¹; Lambda-cialotrina 106 g L⁻¹) na dose de 150 mL ha⁻¹ e volume de calda de 240L d'água ha⁻¹ e Fipronil (i.a. Fipronil 250 g/L) com intuito de combater pragas de solo como o percevejo castanho (*Scaptocoris Castânea*) que estava limitando o desenvolvimento da cultura; foi aplicado também Ureia e inoculante.

No dia 21 de janeiro de 2022 foi conduzida a adubação de cobertura no qual foram manejados 40 Kg ha⁻¹ de cloreto de potássio sobre as linhas da cultura, e também se utilizou 65 Kg ha⁻¹ de sulfato de amônio.

Em 03 de fevereiro de 2022 foram manejadas aplicações nas áreas experimentais, nos quais foram executados 100 mL ha⁻¹ do inseticida Exalt (i.a. Espinetoram 120 g/L), utilizou -se o fungicida Cypress 400 EC – 400 mL (i.a. Ciproconazol 150 g/L e Difenconazol 250 g/L), e ROUNDUP WG (i.a. Glifosato 792,5 g Kg⁻¹) nas doses 1,5 Kg ha⁻¹ em volume de calda de 240L d'água ha⁻¹ (Figura 5).

Figura 5 - Aplicação de Inseticida e Herbicida



Fonte: Dados do próprio autor.

No dia 24 de fevereiro houve a necessidade da realização de novas aplicações sobre a cultura, em que foram realizadas pulverizações do inseticida Engeo Pleno (i.a. Tiametoxam 141 g L⁻¹; Lambda-cialotrina 106 g L⁻¹) a uma dosagem de 200 mL ha⁻¹ com intuito e foco de controlar percevejos e lagartas que estavam ocasionando danos a cultura, e o fungicida Opera (i.a. Piraclostrobina 133 g/L e i.a. Epoxiconazol 50 g/L) a uma dosagem de 600 mL ha⁻¹ dando enfoque a o controle de ferrugem asiática importante e decisiva doença da soja. Ambas as aplicações utilizaram 250 litros de volume de calda por hectare.

Em 14 de março de 2022 foram realizadas aplicações de herbicida e inseticida. O produto utilizado para controlar as plantas invasoras foi o ROUNDUP WG (i.a. Glifosato 792,5 g Kg⁻¹) + 2,4 D (2,4 D 806 g/L e Equivalente ácido de 2,4 D 670 g/ L) a uma dosagem de 2,0 Kg ha⁻¹ e volume de calda de 600 L/ha em área total. O inseticida utilizado foi o activador (i.a Thiametoxam 75% do produto) e foi usado uma dosagem de 100 g por hectare com um volume de calda de 250 L/ha.

No dia 04 de abril de 2022, retiramos os sensores que ainda se encontravam instalados na área, desmontamos o sistema de irrigação e em seguida a área foi dessecada utilizando o produto Reglone (i.a.Diquate 200 g/L), apenas foi dessecado as parcelas experimentais. E no dia 07 a equipe se reuniu para fazer o transporte da tubulação até o local onde tal fica armazenado.

A colheita da soja para estimar a produtividade das parcelas ocorreu na manhã do dia 12 de abril, as plantas coletadas foram separadas por fechos e identificadas, em seguida foram armazenadas na estufa (Figura 6) até o momento da degrana. No mesmo dia também foram colhidas 5 plantas aleatórias de cada parcela para a realização da biometria, as plantas foram colhidas manualmente, separadas, etiquetadas e armazenadas no laboratório até o momento da avaliação.

Figura 6 - Armazenamento da soja em estufa agrícola pós-colheita no campo e antes de realizar a degrana.



Dados: Fonte de próprio autor.

A biometria da soja foi realizada alguns dias após a colheita, onde foram analisados a altura da planta, número de hastes, altura da primeira vagem e número total de vagens por planta. O processo de degrana da soja foi realizado no dia 28/04/2022 com a utilização da trilhadora 150 PV da marca Vencedora MaqTron (Figura 7), os grãos foram armazenados em sacos de papel e identificados. Posteriormente as amostras foram pesadas, separadas e ajustadas a uma umidade de 13%.

Figura 7 - Processo de degrana da soja



Fonte: Dados do próprio autor.

4.6 Manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi aspersão convencional com 80% de eficiência, equipado com aspersores Agropolo, modelo NY25, bicos 2,8 x 2,5 mm, composto por duas linhas de tubos, cada uma com dois aspersores espaçados em 12 metros, para se obter uma boa uniformidade de aplicação a $4,9 \text{ mm h}^{-1}$ de profundidade de líquido, pressão de trabalho de 3,0 bar, propriedades de mudança de irrigação variáveis, conforme mostrado para cada método de manejo de irrigação. Para determinar a uniformidade e intensidade da lâmina horária de irrigação, foi avaliado o teste CUC, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (Christiansen, 1942), realizado no dia 16 de dezembro de 2021, onde foi constatado uma uniformidade de 85% (Figura 8).

Figura 8 - Realização do teste de CUC



Fonte: Dados do próprio autor.

A gestão da irrigação de controle atmosférico (ET_o), foi implementada em uma área de 12m de comprimento por 12m de largura a uma distância de 20 metros de isolamento. Foram 4 repetições de variedades de soja, sendo a unidade experimental constituída por 5 linhas de semeadura possuindo espaçamento de 0,45m entre linhas de 3m de comprimento, das quais 2 linhas de centro de 2 m serão avaliadas com 1 metro descartado em cada extremidade.

4.7 Manejo da irrigação via atmosfera (ET_o)

O manejo da irrigação via atmosfera foi realizado com base na estimativa da Evapotranspiração de Referência (ET_o), determinada pela equação de Penman-Monteith/FAO (ALLEN *et al.*, 1998) e corrigida pelo Coeficiente de Cultura (K_c) nas respectivas fases fenológica da cultura. Os dados climáticos foram obtidos na estação Meteorológica Campbell Scientific CR10X, instalada na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), pertencente à Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada a 300 m da área experimental, sendo monitoradas as seguintes variáveis: temperatura média do ar (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m s⁻¹) a 2 m do solo e radiação líquida total diária (MJ m⁻² d⁻¹).

Equação de Penman-Monteith para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o):

$$ET_o = \frac{0,408 \, s \, (R_n - G) + \frac{\gamma \, 900 \, U_2 \, (e_s - e_a)}{T + 273}}{s + \gamma (1 + 0,34 \, U_2)}$$

R_n = radiação líquida total diária (MJ m⁻² d⁻¹);

G = fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹);

γ = 0,063 kPa °C⁻¹ é a constante psicrométrica;

T = temperatura média do ar (°C);

U₂ = velocidade do vento a 2m (m s⁻¹);

e_s = pressão de saturação de vapor (kPa);

e_a = pressão parcial de vapor (kPa);

s = declividade da curva de pressão de vapor de acordo com a temperatura do ar, em kPa °C⁻¹.

Para obtenção da Evapotranspiração da cultura da soja (ET_c), foi utilizada a seguinte equação:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Lâmina líquida (mm) = K_c x ET_o

Lâmina bruta (mm) = (K_c x ET_o) / Eficiência

ET_c = evapotranspiração da cultura da soja (mm dia⁻¹);

K_c = coeficiente da cultura da soja (conforme proposto por Doorembus e Kassam, 1979);

E_{To} = evapotranspiração da cultura de referência estimada (mm dia^{-1}) pela equação de Penman-Monteith/FAO (ALLEN *et al.*, 1998);

Eficiência = Eficiência do sistema de irrigação por aspersão média de 0,80.

Para a determinação da capacidade de água disponível (CAD) da área experimental foram encaminhadas ao laboratório duas repetições de amostras de solo nas profundidades de 0,0 – 0,15 m e 0,16 – 0,30 m, a fim de determinar a Curva de Retenção de Água, de posse dos dados do solo foram transformados em umidade volumétrica, segundo o modelo de Genuchten (1980) e conseqüentemente determinou-se a CAD. Os parâmetros desse modelo apresentam-se expressos na Tabela 1. Os valores de textura do solo da área experimental foram: areia de 822 e 788, silte de 73 e 71 e argila de 105 e 140, para as camadas de 0,00-0,20 e 0,21-0,40 m, respectivamente.

O manejo da irrigação via atmosfera foi realizado conforme tratamento estabelecido, sempre que a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) atingir o nível crítico dado por uma fração de esgotamento de água no solo (f) da sua CAD, calculado por meio da expressão:

$$CAD = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \times d \times f \times Z$$

Em que:

CAD = capacidade de armazenamento disponível (mm) crítica ou lâmina de água armazenada no solo que será usada como suprimento para a cultura do feijão (mm);

θ_{cc} e θ_{pmp} = umidade volumétrica do solo na capacidade de campo e ponto de murcha permanente ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), ajustado segundo Genuchten (1980);

d = densidade do solo (g cm^{-3});

f = coeficiente de esgotamento de água no solo de 0,7, ou seja, significa que pode ser consumida até 70% da Capacidade de Água Disponível “CAD” no solo ou déficit hídrico tolerável, conforme Doorembus e Kassam (1979);

Z = profundidade efetiva do sistema radicular (mm) da soja de 0,25 m.

Tabela 2. Potencial matricial versus umidade gravimétrica e densidade do solo da área experimental para as diferentes camadas, Dracena, SP, Brasil, 2021.

Profundidade (m)	Potencial matricial									Ds g cm ⁻³
	Centímetros de coluna de água (cca)									
	-0	-10	-40	-100	-300	-500	-1000	-5000	-15000	
	Umidade gravimétrica (g g ⁻¹)									
0,00-0,15	0,3087	0,2895	0,1850	0,1305	0,1042	0,0912	0,0757	0,0622	0,0420	1,54
0,16-0,30	0,2807	0,2626	0,1694	0,1174	0,0912	0,0775	0,0626	0,0539	0,0422	1,57
0,31-0,45	0,2457	0,2266	0,1458	0,1148	0,0907	0,0733	0,0593	0,0520	0,0427	1,65

Fonte: Laboratório de Solos e Qualidade de Água, Esalq/USP, Piracicaba, SP. Ds: Densidade aparente do solo.

4.8 Manejo da Irrigação via Tensiômetria

A instalação dos Tensiômetros ocorreu no dia 13 de dezembro e foram instalados três sensores nas profundidades de, 20 e 40 cm em três repetições. O Tensiômetro de punção atualmente é mais utilizado e mais recomendado para o controle da irrigação devido a sua simplicidade de manejo.

Conforme o solo vai secando, a água sai do Tensiômetro através da cápsula porosa criando um vácuo no interior desse tubo o que equivale à tensão da água no solo. A intensidade desse vácuo vai ser indicada no Tensímetro de punção digital que será introduzido na rolha de silicone conectado ao Tensiômetro para a realização das medições, de forma divergente após uma irrigação ou chuva, o teor de água no solo aumenta e a água passa do solo para a cápsula do Tensiômetro e consequentemente as leituras de vácuo ficaram mais baixas (AZEVEDO *et al.*, 1983a).

As leituras foram realizadas todos os dias na parte da manhã a partir do dia 13 de dezembro de 2021 até o dia 02 de abril de 2022. Estas leituras expressaram a energia necessária para a água ser liberada das partículas do solo, onde elas se encontram retidas antes de ser fornecida às plantas.

O valor da tensão de água no solo é calculado a partir dos resultados obtidos pela leitura do Tensiômetro e depende principalmente da profundidade da capsula porosa no solo.

4.9 Manejo da Irrigação via HidroFarm

HidroFarm é um medidor eletrônico de umidade do solo, ele permite a medição com facilidade sem a necessidade de colher amostras de solo. Embora

tecnologicamente avançado, seu uso é simples. Todo o sistema de inspeção está localizado no sensor, que possui uma lâmina de medição de 20 cm de comprimento e sua precisão é calibrada de fábrica: $\pm 3\%$.

A lâmina é embutida no solo para medição (FALKER,2012). O HidroFarm informa ao usuário o valor da umidade volumétrica do solo em %, ou seja, a quantidade de água contida em um determinado volume de amostra de solo.

A instalação ocorreu no dia 13/12/2021 após a conclusão da semeadura, foram instalados 3 HidroFarms dentro de uma mesma parcela experimental a uma distância de 15 cm da linha de semeadura da soja. As leituras dos sensores foram realizadas durante todas as manhãs e os dados obtidos foram inseridos em uma planilha utilizando uma fórmula programada pelo fabricante FALKER na qual são realizados cálculos automaticamente indicando o percentual de umidade do solo relacionado com a última leitura do sensor. Para a determinação da lâmina de irrigação foram realizadas análises em laboratório para descobrir o tipo de solo e a textura que o mesmo possui, assim possuindo estes dados o aparelho HidroFarm permite medir a umidade do solo sem a necessidade de se tirar amostras para análise.

4.9.1 Parâmetros Avaliados

Na unidade experimental, foram avaliadas as características: massa de mil grãos; população inicial e final de plantas; produtividade de grãos a 13% a base úmida. Em cinco plantas de soja tomadas aleatoriamente dentro da unidade experimental, foram avaliadas a média das características: altura de planta, altura da inserção da 1ª vagem, número total vagens. Todas as variáveis estudadas foram analisadas por meio de rotinas a serem desenvolvidas pelos autores no Software livre R (R Core Team, 2016).

a. Características agronômicas: foram coletadas, por ocasião da colheita, 5 plantas na área útil das parcelas para a avaliação de todas as características a seguir: **Altura de planta:** foi medido com auxílio de trena, a altura do colo da planta até o final da haste principal; **Inserção da 1ª vagem:** com a mesma trena também foi medido a

altura do colo da planta é a inserção da 1ª vagem; **Número de hastes:** foram contados os números de todas as hastes laterais de cada planta.

b. Componentes da produção: foram coletadas, por ocasião da colheita, 5 plantas na área útil das parcelas para a avaliação de: **número de vagens por planta:** e foi determinado por meio da relação do número total de vagens/número de plantas; **massa de cem grãos:** foram obtidos por meio da coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de cem grãos por parcela;

c. Produtividade de grãos: as plantas da área útil de cada parcela, foram tomadas em 3 linhas por 3 metros (4,05 m²), foram arrancadas e deixadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as mesmas foram submetidas a trilha mecânica com a trilhadora 150 PV da marca Vencedora MaqTron, na sequência os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹ (13 % base úmida).

4.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Foi considerado o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 3, considerando quatro variedades (Fator A) e três sistemas de manejo da irrigação (Fator B). Dessa forma, foi considerado o modelo estatístico: $Y_{ijk} = m + A_i + B_j + AB_{ij} + w_k + e_{ijk}$ em que Y_{ijk} corresponde ao valor observado para a variável em estudo referente ao tratamento ij , na repetição k ; m , à média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo; A_i , ao efeito do i -ésimo nível do fator Variedade, no valor observado Y_{ijk} ; B_j , ao efeito do j -ésimo nível de manejo da irrigação, no valor observado Y_{ijk} ; AB_{ij} , corresponde ao efeito das interações respectivos níveis dos fatores no valor observado Y_{ijk} ; w_k , ao efeito de bloco, e e_{ijk} , ao erro experimental. Para as características que apresentarem significância na análise de variância, será procedido o teste de Tukey para comparação de médias. Toda análise estatística será realizada por meio de rotinas a serem desenvolvidas pelos autores no Software livre R (R Core Team, 2020).

5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 3 de análise de variância as características que obtiveram significância estatística para o método, foram: produtividade ($p < 0,001$) e altura da planta ($p < 0,01$). Para as variedades que se obteve diferença significativa foi: produtividade ($p < 0,05$), massa de mil grãos ($p < 0,01$), altura da primeira

vagem ($p < 0,05$), altura da planta ($p < 0,01$) e número de haste por planta ($p < 0,01$). Houve interação para a produtividade ($p < 0,05$) e para altura de planta ($p < 0,05$).

Tabela 3. Análise de variância para as características avaliadas para a cultura da soja na safra 2021/2022. Prod.- produtividade (kg ha^{-1}); MMG - massa de mil grãos (g); Hpv – altura da primeira vagem (cm); Hp – altura de planta (cm); Nhp – número de hastes por planta; Nv – número de vagens. Dracena, SP, Brasil, 2021/2022.

FV	GL	QM					
		Prod	MMG	Hpv	Hp	Nhp	Nv
Método	2	3637011***	23.13	7.74	430.92**	0.55	15.10
Variedade	3	557204*	621.08**	29.85*	294.50**	26.86**	134.72
Bloco	3	260886	30.49	11.54	125.74	1.45	71.35
Interação	6	759212*	126.94	18.38	152.34*	3.29	81.89
Resíduo	33	240076	116.54	8.35	63.23	2.74	354.88
$\bar{x}$		2800	136.85	10.75	49.22	6.11	51.14
CV(%)		17.5	7.89	26.87	16.16	27.08	36.84

*- $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$. CV – Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na Tabela 4, pode-se observar que diante das médias para a característica massa de mil grãos a cultivar ICS 7019 (146,7 g) se diferiu estatisticamente das variedades ICS 1332 (134,6 g) e ICS 6119 (130 g), porém não houve diferença significativa em comparação a ICS 5619 (135,9). Ainda analisando a característica MMG percebemos que a ICS 5619 (135,9 g) não se diferiu das demais variedades. Segundo Piletti (2017) e Cruz et al. (2010) a massa de mil grãos é determinada pela genética da variedade, porém pode sofrer influência do ambiente.

Peixoto et al. (2002), diz que a massa de mil grãos não é parâmetro suficiente para garantir o potencial de produção seja alcançado, pois está relacionado a fatores como a capacidade das plantas de encher suas vagens com grãos, e esse fator é relacionado com as condições meteorológicas.

De acordo com os dados apresentados pela característica altura da primeira vagem percebe-se que a cultivar ICS 7019 (13,1 cm) se diferiu estatisticamente quando comparada a ICS 5619 (9,6 cm) e ICS 6119 (9,8 cm), porém em relação a ICS

1332 (10,5 cm) não houve diferença. A ICS 1332 (10,5 cm) não se diferencia das demais. Segundo SISTI et al. (2011, apud, CARVALHO et al. 2010) deve ser no mínimo 10 cm a altura da primeira vagem para que se reduza as perdas durante a colheita. Já de acordo Lima et al. (2009) a altura da primeira vagem deve ser de no mínimo 13 cm de altura, visando redução de perdas durante a colheita. A altura da primeira vagem é um fator de suma importância na hora da colheita mecânica da soja, pois como grande parte dos terrenos não são uniformes podendo possuir pequenas, medias ou até grandes declividades, pode ocasionar em perdas na hora da colheita.

Para a característica número de hastes da planta observamos que a ICS 1332 (7,9) não se diferenciou da ICS 7019 (6,5), porém se distinguiu das demais variedades. A ICS 6119 (5,6) não se diferiu da ICS 7019 (6,5) e da ICS 5619 (4,4), todavia, a ICS 5619 (4,4) se divergiu de todas as demais cultivares. Segundo Heiffig (2002), a competição intraespecífica das plantas de soja pelos fatores do ambiente irá determinar maior ou menor porte da planta, maior ou menor número de ramificações, fatores estes inversamente proporcionais.

Tabela 4. Teste de comparação de médias das características em relação às variedades de soja. Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Variedades	Prod	MMG	Hpv	Hp	Nhp	Nv
ICS 7019	-	146.7 a	13.1 a	-	6.5 ab	-
ICS 5619	-	135.9 ab	9.6 b	-	4.4 c	-
ICS 1332	-	134.6 b	10.5 ab	-	7.9 a	-
ICS 6119	-	130.0 b	9.8 b	-	5.6 bc	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Está apresentado na tabela 5, a interação para a característica produtividade em relação as variedades utilizadas e os métodos de manejo. Podemos observar que para o método ETo dentro das variedades, vimos que ICS 7019 (3653 Kg ha^{-1}) não se difere da ICS 5619 (3612 Kg ha^{-1}) e ICS 6119 (3406 Kg ha^{-1}), diferindo apenas da ICS 1332 (2707 Kg ha^{-1}). Para Bernardo et al., (2006) o ponto chave do manejo da irrigação é decidir quando irrigar e quanto de água aplicar. A quantidade de água a ser aplicado são geralmente determinadas pelas

necessidades hídricas da cultura e podem ser estimadas a partir de medições do solo, da planta ou de elementos climáticos relacionados às necessidades de evapotranspiração atmosférica. Dentro dessas categorias, o manejo baseado na evapotranspiração ou pela tensão da água no solo é frequentemente utilizado e citado (FRIZZONE, 1991; FIETZ et al., 1999; SOARES et al., 2001; ALVES JÚNIOR, 2006; LIMA et al., 2006).

Para o método HidroFarm dentro das variedades vimos que não houve diferença significativa. Analisando agora o método Tensiômetro percebemos que a ICS 6119 (2928 Kg ha^{-1}) não se diferenciou das variedades ICS 1332 (2689 Kg ha^{-1}) e ICS 7019 (2520 Kg ha^{-1}), distinguindo-se apenas da variedade ICS 5619 (1690 Kg ha^{-1}).

Quanto a interação para a característica produtividade em relação as variedades utilizadas em relação aos métodos de manejo. Podemos observar que para a variedade ICS 1332 dentro dos métodos, observou-se que não houve diferença significativa. Para a variedade ICS 5619 percebemos que houve diferença significância para a ETo (3612 Kg ha^{-1}), onde o método obteve maior produção de grãos, se diferenciando assim dos métodos HidroFarm e Tensiômetro. Analisando a ICS 6119 vimos que nenhum dos métodos se diferiram. Observando a variedade ICS 7019 vimos que o método ETo (3653 Kg ha^{-1}), se diferenciou do Tensiômetro (2520 Kg ha^{-1}) e HidroFarm (2488 Kg ha^{-1}).

Como o HidroFarm e o Tensiômetro são métodos quantitativos com maior precisão da quantidade de água retida no solo, isso foi demonstrado na comparação entre métodos dentro de cada variedade, no caso da ICS1332 onde o HidroFarm e Tensiômetro tiveram mesma significância e para a variedade ICS 6119 ocorreu a mesma similaridade estatística entre os dois métodos, sendo totalmente congruente com a teoria de GOMES (2007). O correto manejo da irrigação, para obtenção de produtividade viável economicamente, seria aquele em que se aplica água no solo, no momento oportuno e em quantidades suficientes para suprir as necessidades hídricas da cultura, sem falta ou desperdício de energia. Para que isso ocorra, há a necessidade do uso de métodos de campo que determinem, direta ou indiretamente, a disponibilidade de água no solo para uma determinada cultura.

Para se obter altas produtividades de soja alguns fatores devem ser levados em consideração além do correto uso e manejo da irrigação, tais como fatores edáficos que seria a disponibilidade ideal de nutrientes às plantas nos períodos de

maior necessidade. Segundo Oliveira (2007) a ausência de nutrientes prejudica o desenvolvimento da planta e a produção de grãos e desta forma, diminui produtividade e a qualidade dos grãos.

Outro fator importante é saber fazer a escolha da variedade, deve-se levar em consideração o clima da região, a ocorrência de pragas e o crescimento da cultura. Previamente o primeiro passo para se fazer a escolha de uma variedade é verificar se a mesma possui recomendações de cultivo para a região que se deseja semear. Segundo Rezende e Carvalho (2007) não escolher corretamente o material a ser cultivado, têm impacto negativo na produtividade e na qualidade dos grãos, pois cada variedade possui características diferentes que implicam principalmente na adaptação ao ambiente podendo acarretar sinais de não uniformidade na lavoura.

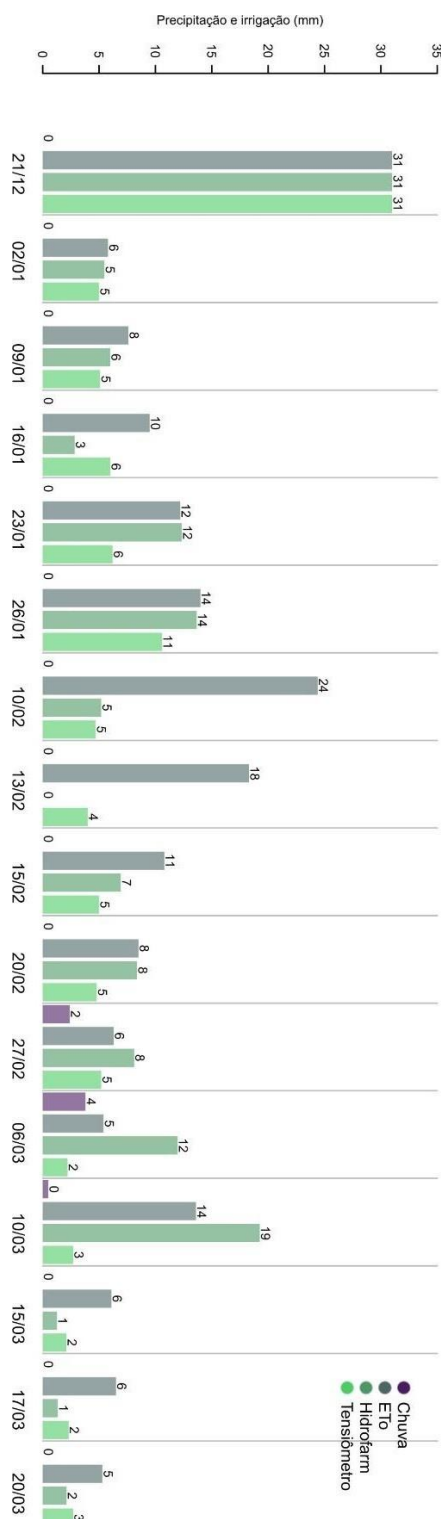
Sabendo que a necessidade hídrica da cultura da soja, para que se alcance máxima produtividade de grãos varia de 450 a 800 mm/ciclo. Tanto o excesso quanto o déficit de água são prejudiciais, inibindo uma boa uniformidade de plantas, sendo assim reduz quantidade e qualidade de grãos (EMBRAPA, 2014).

Analisando a (Figura 1) no qual apresenta dados de precipitação percebemos que a quantidade de precipitação pluviométrica durante o período que a cultura estava instalada ao campo foi de 543,2 mm, valor relativamente médio visto que a cultura necessita de até 800 mm durante todo seu ciclo para se alcançar boas produtividades.

Agora analisando a (figura 9), observamos que o manejo da irrigação na parcela ETo totalizou (185,5 mm) somadas a água oriunda das chuvas totalizou 728,7 mm para a cultura, já o Tensiômetro somente a irrigação foi de 135,9 mm, entretanto, com a precipitação pluviométrica obteve um total de 679,08 mm e por fim o manejo da irrigação (99,7 mm) e a água depositada pela chuva gerou um total de 642,9 mm para a parcela HidroFarm.

Através destes métodos podemos identificar o momento em que a cultura necessita de água e assim aplicamos uma irrigação no momento certo e em quantidades adequadas. Isso gera economia de água, energia e evita lixiviação de nutrientes devido a altas e excessivas irrigações.

Figura 9 – Consumo de água durante todo ciclo da cultura: valores de precipitação pluvial (mm), e irrigação de cada método sendo eles ETo – Evapotranspiração de Referência, Tensiômetro e HidroFarm.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5. Teste de comparação de média para efeito da interação, na característica Produtividade de grão (kg ha^{-1}). Letras maiúsculas dizem respeito aos métodos de manejo da irrigação dentro de variedades, enquanto letras minúsculas dizem respeito às variedades dentro de métodos de irrigação. Médias seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

	Variedade			
	ICS 1332	ICS 5619	ICS 6119	ICS 7019
ETo	2707 aB	3612 aAB	3406 aAB	3653 aA
Hidrofarm	2671 aA	2403 bA	2836 aA	2488 bA
Tensiômetro	2689 aA	1690 bB	2928 aA	2520 bAB

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na Tabela 6, temos o efeito da interação para a característica altura de plantas quanto aos métodos e variedades. Para a ETo em relação ao método dentro das variedades observamos que não houve diferença significativa. Analisando o HidroFarm vemos que também não houve diferença.

Para o Tensiômetro temos que a ICS 7019 (57.4 cm) não se diferenciou da ICS 1332 (48.4 cm), porém se diferiu das demais variedades. A ICS 1332 (48.4 cm) não se diferiu da ICS 6119 (39.5 cm), mas se diferiu da ICS 5619 (31.7 cm).

Segundo Fernandez & Turco (2003), os resultados positivos da irrigação devem ser bem quantificados, pois a aplicação de lâmina d'água insuficiente apenas repõe a água na superfície do solo, ao invés de molhar toda a zona radicular. A água presente apenas na parte superficial do solo é incapaz de explorar o volume de solo disponível. E como consequência temos uma diminuição da reserva hídrica daquele solo, podendo prejudicar as plantas assim como também o desperdício do mesmo.

Em contrapartida o excesso de irrigação além de favorecer a proliferação de microrganismos patogênicos, pode levar à perda de água e nutrientes por infiltração abaixo da zona radicular. Se o solo for mal drenado e a infiltração for impedida, o solo irá saturar e danificar o sistema radicular, possivelmente por falta de aeração (FERNANDEZ & TURCO, 2003).

Agora analisando as variedades associadas aos métodos de manejo temos que para a ICS 1332 ETo (56,8 cm), HidroFarm (46,9 cm) e Tensiômetro (48,4 cm) não se diferem.

Para a variedade ICS 5619 observamos que ETo (52,7 cm) e HidroFarm (46,9 cm) não diferem estatisticamente, porém ambas se divergem do Tensiômetro (31,7 cm). Em relação a variedade ICS 6119 vimos que ETo (49,5 cm), HidroFarm (52,5 cm) e Tensiômetro (39, 5 cm), não se diferem entre si. Observando os dados da ICS 7019 constatamos que os métodos não se diferiram estatisticamente, onde ETo (59,3 cm), HidroFarm (49,2 cm) e Tensiômetro (57,4 cm).

De acordo com Farret (1981), se a soja não for semeada na época adequada com as condições climáticas adequadas, pode apresentar redução na produtividade, menor qualidade má formação das plantas e grãos. Pois o seu crescimento depende da conversão de energia luminosa em energia química, e essa intensidade é proporcional à intercepção capturada da luz pelo dossel da cultura (SILVA et al., 2005).

Tabela 6. Teste de comparação de média para efeito da interação, na característica Altura de plantas. Letras maiúsculas dizem respeito aos métodos dentro de variedades, enquanto letras minúsculas dizem respeito às variedades dentro de métodos de irrigação. Médias seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

	Variedade			
	ICS 1332	ICS 5619	ICS 6119	ICS 7019
ETo	56.8 aA	52.7 aA	49.5 aA	59.3 aA
Hidrofarm	46. 9 aA	46.9 aA	52.5 aA	49.2 aA
Tensiômetro	48.4 aAB	31.7 bC	39.5 aBC	57.4 aA

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a ETo foi o método que proporcionou maior produtividade de grãos para as variedades ICS 5619 (3612 Kg ha⁻¹) e ICS 7019 (3653 Kg ha⁻¹).

Todavia, o método de Tensiômetro, apresentou em uma maior altura de

plantas, para as variedades ICS 7019 (57.4 cm) e ICS 1332 (48.4 cm).

A variedade ICS 7019 foi a que apresentou as maiores médias para os dados de MMG e Hpv.

Sabendo que o experimento sofreu alguns intemperes que podem ter influenciado nos resultados, devido a isso o experimento deverá passar por novos testes, de variedades e manejos de irrigação para se obter um comparativo.

7.REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. *et al.* Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, **FAO**, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. Roma: **FAO**, 1998. 300p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVES JÚNIOR, J. Necessidade hídrica e resposta da cultura de lima ácida ‘Tahiti’ a diferentes níveis de irrigação. 2006. 101 f. **Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, SP, 2006.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.26, p.241-248, 2002.

AZEVEDO, J. A de; SILVA, E.M. da; RESENDE, M.; GUERRA, A.F. Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o Cerrado. Planaltina: **EMBRAPA – CPAC**, 1983a. 53p. (EMBRAPA – CPAC. Circular Técnica, 16).

BERNARDI, A. C. de C.; MACHADO, P. L. O. DE.; FREITAS, P. L. DE; COELHO, M. R.; LEANDRO, W. M.; JÚNIOR, J. P. DE O.; OLIVEIRA R. P. DE; SANTOS H. G. DOS; MADARI B. E.; CARVALHO, M. DA C. S. Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, documentos, n.46, 2003. 22p.

BERNARDO, S., SOARES, A. A., MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 625 p.

BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: ESALQ, p.1-18, 2000.

BRITO, A.S.; LIBARDI, P.L.; MOTA, J.C.A.; MORAES, S.O. Desempenho do tensiômetro com diferentes sistemas de leitura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 17-24, 2009.

CAMARGO A.P; GROHMANN, F.; CAMARGO, M.B.B. Tensiômetro simples de leitura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.12, p.1963 -1972, 1982.

CAMARGO, FELIPE; *et al.* **Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas do Estado de São Paulo**, Ano Agrícola 2020/21, novembro de 2020.

CAMPBELL, G.S.; MULLA, D.J. Measurement of soil water content and potential. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R., ed. **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA, 1990. P.127 – 141. (Agronomy Monograph, 30).

CARVALHO, M. A. C. DE; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; SÁ M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.47-53, 2004.

CASAGRANDE, E.C. et al. Expressão gênica diferencial durante déficit hídrico em soja. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p.168-184. 2001.

CASÃO JUNIOR, R.; DE ARAÚJO, A.G.; LLANILLO, R.F. Plantio direto no Sul do Brasil: fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização. Londrina: **IAPAR**, 2012.

CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by sprinkling. Berkeley: **University of Califórnia**, 1942. 124 p.

CHUNG, G.; SINGH, R.J. Broadening the Genetic Base of Soybean: A Multidisciplinary Approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 27, n.5, p. 295-341, 2008.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Sete Lagoas: **Embrapa CNPMS**, 2006. Circular Técnica, 78.

COLLIER, L. S.; CASTRO, D. V.; DIAS NETO, J. J.; BRITO, D. R.; RIBEIRO, P. A. DE A. Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, v.36, p.1100-1105, 2006.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 2021. **Central de Informações Agropecuárias**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb>. Acesso em: 20 dez 2021.

COSTA NETO, P. R. & ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, p. 4, 2000.

CRUZ, T. V. da.; PEIXOTO, C.P.; MARTINS, M.C.; PEIXOTO, M. F. S. P. Componentes de produção de soja em diferentes épocas de semeadura, no oeste da Bahia. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 709-716, 2010.

CUNHA, G.R.; BERGAMASCHI, H. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. et al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. Cap.6, p.85-97.

Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA. Soja em números (safra 2020/21). Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979. (**FAO** irrigation and drainage, paper 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. Crop water requirement. Rome: FAO, 1977. 144p. **FAO (Irrigation and Drainage Paper 24)**.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2014. Londrina: **Embrapa Soja**, 2013. Disponível em: Acesso em: 25/06/2022.

EMBRAPA. Exigências climáticas. In: EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja - Paraná - 2003. Londrina: **Embrapa Soja**, 2002. Cap.1, p.28-30. (Sistemas de Produção; 2).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Soja em números (safra 2020/21). **Embrapa soja**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 10 de ago. de 2021.

FALKER. HidroFarm -Medidor eletrônico de umidade do solo. 2012. Disponível em <<http://www.falker.com.br/Produto.php?id=28>>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2022.

FARRET, I.S.; MIALHE, L.G. (1981) Mecanização da Cultura. MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. A soja no Brasil. Campinas: **Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)**. p. 453-475.

FERNANDES, E.J.; TURCO, J.E.P. Evapotranspiração de referência para manejo da irrigação em cultura de soja. **Irriga**, v. 8, n. 2, p. 132-141, 2003.

FIDELIS, R.R. et al. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Biosc. J.**, v.19, n.1, p.251-257, 2003.

FIETZ, C.R. et al. Efeito da variabilidade do armazenamento de água no solo na qualidade da irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.2, p.150-153, 1999.

FRANCHINI, JÚLIO; et al. Sistema plantio direto. **Embrapa**, 2010. Disponível em:<<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000fu5hwsuy02wx5eo0c9slralhbxadb.html>>. Acesso em: 20 de set. de 2021.

FREITAS, W. A.; CARVALHO, J. A.; BRAGA JR., R. A.; ANDRADE, M. J. B. Manejo da irrigação utilizando sensor da umidade do solo alternativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 268-274, 2012.

FRIZZONE, J.A. Planejamento otimizado da irrigação. In: DOURADO NETO, D. et alli. **Curso de agricultura irrigada**. Piracicaba. Ed. da ESALQ, 1991. cap.1, p. 1, 190p.

GOMES, ANA CARLA DOS SANTOS. Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob a cultura da soja (*glycine max* (L.) Merrill) na região de Santiago, RS. 2007. Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola Área de Concentração Engenharia de Água e Solos, da **Universidade Federal de Santa Maria** (UFSM, RS). Santa Maria RS, 2007.

GOMES, EDER PEREIRA, et al. "Avaliação do medidor eletrônico de umidade do solo "HIDROFARM" em Latossolo Vermelho Distroférrico." **REVISTA BRASILEIRA DE AGRICULTURA IRRIGADA-RBAI 7.1** (2013).

HEIFFIG, L.S. Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais. 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – **Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"** – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HISTÓRIA DA SOJA NO MUNDO. **Aprosoja**. Disponível em:<<http://www.aprosoja.com.br/soja-e-milho/a-história-da-soja#:~:text=Embora%20haja%20registros%20hist%C3%B3ricos%20que,de%20sementes%20para%20produtores%20paulistas>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2022.

HISTÓRIA DA SOJA. **EMBRAPA SOJA**. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia#:~:text=A%20soja%20que%20hoje%20cultivamos,do%20rio%20Yangtse%2C%20na%20China.&text=At%C3%A9%20aproximadamente%201894%2C%20t%C3%A9rmino%20da,soja%20ficou%20restrita%20%C3%A0%20China>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2022.

IEA Instituto de Economia Agrícola. Disponível:<<http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14887>>. Acesso em: 12 de ago. de 2021.

KONGYAN, Y. Water-saving farming technologies. **New AG International**, Middlesex, p. 46-53, 2005.

LIMA, E. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Características agronômicas, produtividade e qualidade fisiológica da soja “safrinha” sob semeadura direta, em função da cobertura vegetal e da calagem superficial. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 31, n. 1, p.69-80, 2009.

LIMA, J.R. de S. et al. Estimativa da evapotranspiração do feijão caupi utilizando o modelo de Penman-Monteith. **Irriga**, v. 11, n. 4, p. 477-491, 2006.

MALISZEWSKI, ELIZA. Sistema Plantio Direto (SPD) completa meio século. **Agrolink**, publicado em 26/10/2021. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/sistema-plantio-direto--spd--completa-meio-seculo_457676.html>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2022.

Moraes, N. B.; Bezerra, F. M. L.; Medeiros, J. F.; Chaves, S. W. P. Resposta de plantas de melancia cultivadas sob diferentes níveis de água e de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, p.369-377, 2008.

MOTTER, P; ALMEIDA, H. G. Plantio direto: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. **Foz do Iguaçu: Parque Itaipu**, 2015.

OLIVEIRA, A. D. DE. Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência utilizando dados de estação meteorológica convencional e automática. 2003. 70 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – **Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal**, 2003.

OLIVEIRA, F. A.; SFREDO, G. J.; CASTRO, C.; KEPLER, D. Fertilidade do solo e nutrição da soja. 2007. **Embrapa**. Circular técnica n. 50.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S. Efeito de épocas de semeadura e densidades de plantas sobre o rendimento de cultivares de soja no estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, n. 2, p. 265-293, 2002.

PEREIRA, R. G.; ALBUQUERQUE, A. W.; MADALENA, J. A. S. Influência dos sistemas de manejo do solo sobre os componentes de produção do milho e *Brachiaria decumbens*. **Revista Caatinga**, v.22, p.64-71, 2009b.

PERES, J. G.; SCARDUA, R. Estudos de métodos agroclimatológicos para estimativa da evapotranspiração potencial de referência (ET_o), segundo DOORENBOS & PRUITT. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 2, n. 2, p. 46-63, 1991.

PERES, J.G.; SCARDUA, R. Estudo de métodos agroclimatológicos para estimativa da evapotranspiração potencial de referência (ET_o), segundo Doorenbos & Pruitt. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.2, n.2, p.4863, 1991.

PILLETI, L. M. M. S. Desempenho agrônomo de milho e soja em diferentes sistemas de rotação de culturas. 2017. 59F. Tese (Doutorado em Agronomia) - **Universidade Federal da Grande Dourados**, Dourados, 2017.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>, 2016.

RAIJ V., B. CANTARELA, H., QUAGGIO, J. A., FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. **Boletim Técnico**, 100.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 2001. 285p

REIS, E. F.; BRAGANÇA, R.; GARCIA, G. O.; PEZZOPANE, J.E. M.; TAGLIAFERRE, C. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades do estado do Espírito Santo no período seco. **Idesia**, v.25, p.75-84, 2007.

REZENDE, P. M.; CARVALHO, E. A. Avaliação de cultivares de soja [Glycine max (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Cienc. Agrotec., v.31, n.6, p.1616-1623, nov./dez. Lavras, 2007.

SAAD, A. M, LIBARDI, P. L. Uso prático do densímetro pelo irrigante. São Paulo: **IPT**, 1992. 27p.

SAAD, A. M. Uso do tensiômetro de faixas em pivô central. **FEIS UNESP**. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/irrigação.html>>. Acesso: 20 de fevereiro de 2022.

Santana, M. J.; Carvalho, J. A.; Andrade, M. J. B.; Gervásio, G. G.; Braga, J. C.; Lepri, E. B. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de água na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciências e Agrotecnologia**, v.33, p.532-538, 2009.

SANTOS, VANESSA SARDINHA DOS. "Evapotranspiração"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/evapotranspiracao.htm>. Acesso em 25 de fevereiro de 2022.

SEDIYAMA, G. C. Necessidade de água para os cultivos. Brasília, DF: ABEAS, 1988. 143 p. Curso de **Engenharia da Irrigação**. Módulo 4.

SEDIYAMA, T. Tecnologias de produção e usos da soja. Londrina: **Macenas**, 2009.p.314

SEDIYAMA, T.; SILVA, F..; BORÉM, A. **Soja**, do plantio à colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 214 – 233, Cap. 10,333p. 2015b.

SILVA D.K.T. da et al. Análise de crescimento em cultivares de cana-de-açúcar em cana-soca no noroeste do Paraná na safra de 2002/2003. **Scientia Agraria**, v. 6, n. 1-2, p. 47-53, 2005.

SISTI, R.; PEREZ, N.; TRENTIN, G.; BRASIL, H.; SEVERO, L. Altura de plantas e da inserção da primeira vagem em cultivares de soja na região da Campanha-Rs, em diferentes datas de semeadura. **Revista da 9ª jornada de pós-graduação e pesquisa**, 2011. Disponível em: Acesso em: 03 de junho de 2022.

SOARES, W. R. et al. Dependência do coeficiente de cultura no estágio inicial de desenvolvimento (Kc_{ini}) à lâmina de irrigação e textura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 23-27, 2001.

SOJA EM NÚMEROS. **Embrapa soja**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2022.

VAN GENUCHTEN, M.Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic **conductivity of unsaturated soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., 44: 892-898, 1980.

VANZELA, LUIZ SERGIO *et al.* Manejo da irrigação via solo. **FEIS UNESP**. Disponível em: <<https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/lsvmানেজিরrigacao.htm>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2022.