

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

Bárbara Helen lossi

**Efeito de doses de hidrogel no desenvolvimento e
produtividade do milho segunda safra em sistemas de
irrigação e sequeiro**

Dracena
2024

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

Bárbara Helen Iossi

**Efeito de doses de hidrogel no desenvolvimento e
produtividade do milho segunda safra em sistemas de
irrigação e sequeiro**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Faculdade de Ciências Agrárias e
Tecnológicas – Unesp, Câmpus de Dracena
como parte das exigências para obtenção do
título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Ferrari

Dracena
2024

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Efeito de doses de hidrogel no desenvolvimento e produtividade do milho segunda safra em sistemas de irrigação e sequeiro

Modalidade: Trabalho de pesquisa

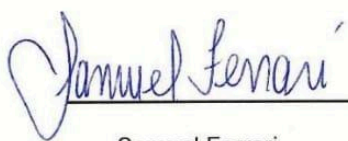
Autor: Bárbara Helen Iossi

Orientador: Samuel Ferrari

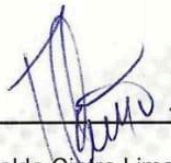
Co-orientador(es):

Número de Créditos: 12

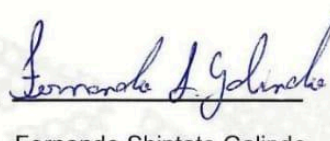
Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 21/11/2024



Samuel Ferrari



Ronaldo Cintra Lima



Fernando Shintate Galindo

DEDICATÓRIA

Aos meus avós José Vicente Rosa (in memorian) e Benedita Afts Rosa, minha profunda gratidão por me proporcionarem todo amor, carinho e incentivo para lutar pelos meus sonhos com muita fé. Seus valores e exemplos guiam meus passos até hoje.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por permitir que eu realizasse um sonho, por ser meu refúgio e me dar forças para lutar pelos meus sonhos e objetivos.

Aos meus pais Lilian e Valdir, por acreditarem nos meus sonhos e confiarem na minha trajetória, por serem o meu porto seguro e exemplo, mostrando que com Deus tudo é possível.

Ao meu irmão Matheus que nunca mediu esforços por mim, que não me deixou cair em diversos momentos de dificuldade e sempre esteve presente, vibrando comigo a cada pequena conquista do dia a dia. Sou grata pelos nossos bons momentos, por ter um melhor amigo no meu irmão e por ele ser uma das minhas maiores inspirações como pessoa e profissional, exemplo de dedicação, resiliência, força, amor e proteção.

À minha cunhada Isabela, que também é uma das minhas maiores inspirações como pessoa e profissional e me incentivou desde o início a lutar pelos meus objetivos com empenho e esperança; admiro sua determinação, zelo, dedicação e amor no que faz.

À minha irmã Heloíse e ao meu cunhado Mateus, pelos bons momentos que passamos juntos e pelo apoio.

Aos meus avós maternos, José (in memoriam) e Benedita, grandes exemplos que sempre me apoiaram e incentivaram a batalhar pelos meus sonhos com muita fé. Gratidão por todo carinho, amparo, força e amor durante a minha trajetória.

Aos meus tios Lauro e Patrícia, que me incentivaram e apoiaram desde o início. Agradeço pelos bons momentos, orações, pela força e por todo o carinho que me proporcionam.

À minha amiga Carla (Pampers), que esteve compartilhando comigo todos os momentos, sempre me tirando um sorriso, não me deixando cair e entendendo meus limites. Sou extremamente grata pela nossa amizade e por todas as experiências que tivemos juntas.

À todos da minha família, por entenderem e respeitarem meus limites, por serem meu porto seguro e fonte de energia, por serem compreensivos e estarem compartilhando comigo todos os momentos, por batalhar pelos meus sonhos comigo e acreditarem no meu potencial.

Ao grupo de estudos Tech Agro da Unesp de Dracena pelo apoio e parceria nos trabalhos em campo e laboratório, muito obrigada, pois sem vocês não seria possível.

Ao meu orientador Profº. Dr. Samuel Ferrari, pelos conhecimentos, pela oportunidade, por todo auxílio, paciência e compreensão diante das minhas limitações.

À FCAT - Unesp Dracena por ser o lugar onde minha jornada acadêmica tomou forma, por me permitir conhecer pessoas incríveis que fizeram e fazem parte da minha história, como também do meu desenvolvimento e crescimento pessoal e profissional.

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) financiado pelo CNPq, pela concessão da bolsa de estudos que permitiu a realização do projeto em questão, agregando conhecimento técnico, prático e científico através da experiência em campo.

À todos que direta ou indiretamente participaram da minha trajetória, me trazendo conhecimento, novas experiências e sentimentos, contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional.

À todos vocês, minha sincera gratidão!

“Quem quer colher rosas, deve suportar os espinhos.” (Provérbio Chinês)

RESUMO

O desafio da irregularidade das chuvas em diversas regiões e a alta necessidade de água pelo milho (*Zea mays*) para atingir seu potencial produtivo, têm impulsionado a busca por soluções que otimizem o uso desse recurso. O hidrogel agrícola é um material super absorvente composto por polímeros que têm a capacidade de absorver, reter e liberar água de forma gradual para as plantas, conforme a necessidade hídrica do solo e das raízes. A utilização de hidrogel no cultivo agrícola visa melhorar a retenção de água no solo, reduzindo a dependência de irrigação e mitigando os efeitos de períodos de seca ou estiagem. Para o milho segunda safra que é cultivado em uma janela agrícola com variações climáticas e desafios hídricos, o uso de hidrogel pode ser particularmente vantajoso, especialmente em regiões que enfrentam limitações no fornecimento de água. Dessa forma, o objetivo foi avaliar o desenvolvimento e desempenho da cultura do milho por meio de tratamentos com e sem irrigação, fazendo uso de doses de hidrogel agrícola. O delineamento experimental foi realizado à campo, na Fazenda da FCAT UNESP, em blocos ao acaso com esquema fatorial 5x2, com parcelas subdivididas e aplicação de hidrogel nas doses 0, 10, 20, 30 e 40 Kg/ha. Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente a análise de regressão polinomial para o fator quantitativo e teste de Tukey para o fator qualitativo a 5% de probabilidade. A irrigação do milho segunda safra proporcionou maiores resultados para as avaliações de número de fileiras de grãos, número de grãos por fileira, massa seca de cem grãos e produtividade. O uso das doses de hidrogel proporcionou resultados significativos apenas para o índice de clorofila foliar (ICF), as demais avaliações não proporcionaram resultados significativos. Portanto, é recomendável realizar novos estudos com hidrogel agrícola, variando marcas e doses do produto para melhor explorar o potencial do mesmo e da cultura.

Palavras-chave: *Zea mays*, segunda safra, hidrogel agrícola, produção.

ABSTRACT

The challenge of irregular rainfall in several regions and the high water requirement of corn (*Zea mays*) to reach its productive potential have driven the search for solutions that optimize the use of this resource. Agricultural hydrogel is a super-absorbent material composed of polymers that have the ability to absorb, retain and gradually release water to plants, according to the water needs of the soil and roots. The use of hydrogel in agricultural cultivation aims to improve water retention in the soil, reducing dependence on irrigation and mitigating the effects of dry periods. For second-crop corn, which is grown in an agricultural window with climate variations and water challenges, the use of hydrogel can be particularly advantageous, especially in regions that face limitations in water supply. Thus, the objective was to evaluate the development and performance of the corn crop through treatments with and without irrigation, using doses of agricultural hydrogel. The experimental design was carried out in the field, at the FCAT UNESP Farm, in randomized blocks with a 5x2 factorial scheme, with split plots and application of hydrogel at doses of 0, 10, 20, 30 and 40 kg/ha. The data were subjected to analysis of variance and then to polynomial regression analysis for the quantitative factor and Tukey's test for the qualitative factor at 5% probability. Irrigation of the second corn crop provided better results for the evaluations of number of grain rows, number of grains per row, dry mass of one hundred grains and productivity. The use of hydrogel doses provided significant results only for the leaf chlorophyll index (ICF); the other evaluations did not provide significant results. Therefore, it is recommended to carry out new studies with agricultural hydrogel, varying brands and doses of the product to better explore its potential and the crop.

Keywords: *Zea mays*, second harvest, agricultural hydrogel, production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dados diários de precipitação e média da umidade relativa do ar.....	24
Figura 2 - Medição da área.....	25
Figura 3 - Abertura e deposição de adubo nos sulcos.....	25
Figura 4 - Área pré-plantio.....	25
Figura 5 - Momento de marcação e adubação dos sulcos de semeadura.....	26
Figura 6 - Momento de marcação e adubação dos sulcos de semeadura.....	26
Figura 7 - Momento de marcação e adubação dos sulcos de semeadura.....	26
Figura 8 - Demonstração do produto Stockosorb 660.....	26
Figura 9 - Demonstração do produto Stockosorb 660.....	26
Figura 10 - Aplicação do produto Stockosorb 660.....	26
Figura 11 - Semeadura do milho.....	27
Figura 12 - Sistema de irrigação instalado.....	27
Figura 13 - Emergência das plântulas.....	28
Figura 14 - Percevejo-Gaúcho (<i>Leptoglossus zonatus</i>).....	30
Figura 15 - Cigarrinha do milho (<i>Dalbulus maidis</i>).....	30
Figura 16 - Marcas de ataque de lagartas.....	31
Figura 17 - Marcas de ataque de percevejo.....	31
Figura 18 - Percevejo (<i>Proxys albopunctulatus</i>).....	31
Figura 19 - Milho 22 dias após emergência.....	32
Figura 20 - Milho 34 dias após emergência.....	32
Figura 21 - Sintomas de enfezamento causados pela Cigarrinha do Milho.....	33
Figura 22 - Pleno florescimento e início da formação de espigas.....	34
Figura 23 - Pleno florescimento e início da formação de espigas.....	34
Figura 24 - Pleno florescimento e início da formação de espigas.....	34
Figura 25 - Pleno florescimento e início da formação de espigas.....	34
Figura 26 - Coleta e pesagem de plantas para obtenção de matéria fresca.....	35
Figura 27 - Matéria fresca coletada.....	35
Figura 28 - Matéria fresca levada para secagem em estufa.....	35
Figura 29 - Ensacamento das espigas de milho para avaliação em laboratório...	36
Figura 30 - Colheita das espigas de milho.....	36
Figura 31 - Colheita das espigas de milho.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores correspondentes a análise de solo da área.....	23
Tabela 2 - Manejo fitossanitário na cultura do milho.....	29
Tabela 3 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para número de fileiras de grãos por espiga (NF), número de grãos por fileira (NG), a massa seca de cem grãos (MG) e o diâmetro médio de espigas (DE) do milho em função de uso de irrigação e doses de hidrogel. Dracena-SP, 2024.....	38
Tabela 4 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para leitura ICF (ICF), altura de planta (ALT), inserção da primeira espiga (IE) e o diâmetro médio de colmo (DCOLMO) do milho em função de uso de irrigação e doses de hidrogel. Dracena-SP, 2024.....	39
Tabela 5 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para matéria fresca (MF), matéria seca (MS), índice de colheita (IC) e produtividade (PROD) do milho em função de uso de irrigação e doses de hidrogel. Dracena-SP, 2024.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 Milho segunda safra	18
3.1.1 Irrigação	19
3.1.2 Hidrogel agrícola	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O milho é um cereal fundamental na agricultura brasileira, cultivado em todas as regiões do país, em mais de dois milhões de estabelecimentos agropecuários. Nas últimas décadas a cultura passou por transformações profundas, com mudanças nas práticas culturais que refletiram no aumento da produtividade de grãos no país (BISCARO et al., 2011), ressaltando sua redução como cultura de subsistência de pequenos produtores e o aumento do seu papel em uma agricultura comercial eficiente, com destaque de maior produção para a região centro-oeste do país (CONTINI et al., 2019). Entre as principais mudanças, destacam-se a utilização de sementes de cultivares mais produtivas, a otimização do espaçamento e da densidade de semeadura, além da melhoria do manejo do solo e da fertilização (VON PINHO et al., 2009).

A cultura do milho no Brasil ganhou importância econômica significativa, especialmente com o avanço da segunda safra, também conhecida como safrinha. De acordo com a CONAB (2022), a safra brasileira de milho 2021/2022, semeada em 21,66 milhões de hectares, apresentou uma produtividade média de 5.319 kg por hectare, resultando em uma produção total estimada em 115,2 milhões de toneladas, sendo a segunda safra a principal responsável por esse volume. A inversão da produção do milho primeira safra em primavera-verão para o de segunda safra em verão-outono se estabeleceu de fato em 2011/12, quando a colheita da segunda safra quase dobrou em relação ao ano anterior e ultrapassou pela primeira vez a safra verão, desde então a diferença só aumentou (CONTINI et al., 2019). Essa expansão foi importante dado o papel fundamental do milho na alimentação animal, na indústria de alimentos e como fonte de matéria-prima para biocombustíveis.

A ocorrência de eventos climáticos extremos, seja por precipitação intensa ou escassez prolongada de chuvas, faz parte do controle natural de alguns ecossistemas. Sua análise e interpretação podem ser consideradas como procedimentos essenciais para aplicação de medidas de planejamento territorial e, principalmente para gestão de recursos hídricos, a fim de que se possa lidar de forma estratégica com os episódios adversos (CRISPIM, 2019). A escassez de água compromete o desenvolvimento das plantas, promovendo mudanças significativas em sua anatomia, fisiologia e bioquímica. Essas alterações, que se manifestam de forma diferenciada entre as espécies e ao longo do tempo, afetam todas as etapas do ciclo de vida, desde a germinação à maturação. (CAMPOS et al., 2021).

O desafio da irregularidade das chuvas em diversas regiões e a alta necessidade de água pelo milho para atingir seu potencial produtivo, têm impulsionado a busca por soluções que otimizem o uso desse recurso. A cultura do milho está entre as culturas mais eficientes quanto ao uso da água, isto é, produz uma grande quantidade de matéria seca através da água absorvida, sendo uma planta C4, onde concentra carbono e diminui a sua respiração, sendo mais produtiva quando colocada em ambiente com altas temperaturas, se comparado às plantas C3. Destaca-se que para o cultivo do milho são necessárias precipitações entre 400 a 600 mm durante todo o ciclo da cultura (FANCELLI, 2015). Portanto, devido ao déficit hídrico e veranico na safra em algumas regiões de cultivo e a grande demanda hídrica pela cultura, buscam-se alternativas para manutenção do rendimento dos grãos, onde a irrigação tem por finalidade suprir a carência hídrica

das plantas durante todos os estádios fenológicos da cultura. Nas regiões produtoras, os principais eventos climáticos responsáveis por perdas de produtividades são a deficiência hídrica e temperaturas elevadas. Estes dois fatores são ajustados através da escolha da época de semeadura (BATTISTI, 2013). A deficiência hídrica além da época de semeadura ainda pode ser manejada por meio da irrigação para evitar possíveis adversidades, tendo como alternativa a irrigação com lâmina d'água controlada, que garante que a quantidade necessária de água seja aplicada no momento correto do ciclo da cultura, melhorando assim a eficiência no uso da mesma.

De acordo com Payero et al. (2009), o desempenho das culturas com irrigação é relativamente estável e com isso, torna-se fácil estimar o rendimento de uma cultura sob condições de sequeiro e irrigado. Apesar disso, na irrigação com déficit a produtividade pode variar consideravelmente, conforme o manejo de irrigação utilizado, uma vez que o excesso ou déficit hídrico estão diretamente associados à produtividade da cultura (SHAH et al. 2016). Segundo Bergamaschi et al. (2004; 2006), a irrigação pode ser uma das melhores soluções para aumentar a produção de plantas que são afetadas pelo estresse hídrico, onde se pode ter um acréscimo de até 70% na produção com o uso da irrigação, onde a redução de 44% do total da água pode acarretar em uma perda 12% na produção total de grãos. Wagner (2009), também observou uma diminuição de 50% na produção em comparação a plantas irrigadas, no município de Guarapuava sob influência de déficit hídrico.

Outro grande desafio da agricultura moderna é utilizar menos água no campo sem perder a produtividade, e para viabilizar o desenvolvimento de culturas sem a necessidade de irrigação, os polímeros superabsorventes (hidrogéis) são promissores. Esses polímeros são condicionadores do solo que atuam como um agente de retenção de água no solo, liberando-a gradualmente conforme as plantas necessitam, o que ajuda a reduzir a frequência de irrigação, além de reter determinados nutrientes que podem ser utilizados pelas plantas (CRISPIM, 2019). As partículas de hidrogel também são consideradas como “reservatório de água em miniatura” no solo sendo a água separada desses reservatórios por diferença de pressão osmótica exercida pela raiz (AZZAM RAI, 1980). Consegue também ser um meio eficiente para diminuir os gastos de água com irrigação, através da redução na frequência de irrigação em áreas secas (SOUSA, 2022). Em razão à considerável redução do volume do hidrogel à medida que a água é liberada para a planta, cria-se espaços livres no solo, que são aproveitados para infiltração de ar e água e crescimento de raízes (MILANI et al., 2017).

Devido à crise dos recursos hídricos, a agricultura que economiza água é essencial para o desenvolvimento sustentável, sendo o polímero de hidrogel eficiente na retenção de água próximo ao sistema radicular, favorecendo a disponibilidade de água para as plantas (MONTESANO et al., 2015), ajudando a reduzir o estresse hídrico, e por consequência favorecendo maior desenvolvimento das plantas (BELEN-HINOJOSA et al., 2004). Klein & Klein (2015) atribuem a eficácia do hidrogel à melhoria da porosidade e da capacidade de retenção de água do solo, características cruciais para o desenvolvimento das plantas.

Considerando a grande importância da cultura do milho, torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas para obter incremento na produção em todos os

ambientes e épocas de cultivo, otimizando a utilização da água e desenvolvimento da cultura.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento e desempenho da cultura, como também a produtividade e a capacidade de produção do milho segunda safra em ambiente marginal, em tratamento irrigado e de sequeiro, em função de doses de hidrogel.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Milho segunda safra

A segunda safra de milho tem se consolidado como uma das principais fontes de produção agrícola no Brasil, onde teve um crescimento expressivo nos últimos anos, sendo responsável por uma parte significativa da produção total do país, o que se torna fator importante para o aumento da oferta do grão tanto para o mercado interno quanto externo. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023), a área plantada com milho segunda safra aumentou consideravelmente, refletindo um aprimoramento nas práticas de cultivo, ao uso eficiente das tecnologias de cultivo e um aproveitamento melhor do ciclo agrícola. Estima-se que, na safra 2022/23, cerca de 100 milhões de toneladas de milho tenham sido colhidas na segunda safra, o que representa cerca de 80% da produção total de milho no Brasil.

O manejo da segunda safra envolve várias etapas, incluindo o preparo do solo, a escolha do milho e o manejo adequado da irrigação, especialmente em períodos de estiagem. A utilização de cultivares de ciclo curto permite que o milho seja semeado logo após a colheita da soja, otimizando o uso da janela agrícola. Segundo Hernández (2015), o milho brasileiro, especialmente o de segunda safra, tem características que o tornam altamente competitivo no mercado global, como a sua qualidade e o custo de produção relativamente baixo.

Embora a segunda safra tenha mostrado um crescimento robusto, os fatores climáticos continuam sendo um desafio significativo, uma vez que o milho é uma cultura que demanda grandes volumes de água, especialmente durante os períodos críticos de floração e enchimento dos grãos (HERNÁNDEZ, 2015). A irregularidade das chuvas, aliada ao aumento das temperaturas em algumas regiões produtoras, pode afetar diretamente a produtividade.

Santos et al. (2020) destacam que o estresse hídrico durante a safra pode resultar em perdas de produtividade devido à redução do peso dos grãos e menor número de espigas por planta, dessa forma, o manejo da irrigação tem sido uma prática importante para mitigar os efeitos do déficit hídrico, embora, em muitas

regiões, a irrigação ainda não seja amplamente adotada devido ao custo elevado e a disponibilidade limitada de água.

A busca por tecnologias que aumentem a produtividade e a tolerância das plantas à seca e resistência às pragas, é uma constante no desenvolvimento da produção de milho segunda safra. Tecnologias de semeadura direta, uso de fertilizantes de liberação controlada, e variedades geneticamente modificadas são algumas das inovações que têm contribuído para o aumento da eficiência da produção.

A introdução de tecnologias de irrigação de precisão também tem se mostrado promissora. Medeiros et al. (2022) afirmam que o uso de sistemas de irrigação por gotejamento e pivô central controlados por sensores de umidade do solo tem potencial para reduzir os impactos do estresse hídrico nas lavouras de milho segunda safra.

3.1.1 Irrigação

A irrigação no cultivo de milho segunda safra é uma prática de grande importância, especialmente nas regiões que enfrentam irregularidade de chuvas ou em anos de seca. Embora o milho seja uma cultura adaptada a uma ampla gama de condições climáticas, ele possui alta demanda hídrica e a falta de água durante seu ciclo pode impactar severamente sua produtividade, dessa forma, a irrigação garante que o milho receba a quantidade de água necessária para alcançar seu máximo potencial produtivo.

A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023) destaca que, embora o milho segunda safra seja predominantemente cultivado com base em chuva, a irrigação tem se tornado cada vez mais essencial, especialmente em anos de seca prolongada, quando a escassez de água compromete a produtividade das lavouras.

A irrigação também oferece outros benefícios, não só em termos de aumento da produtividade, mas também na melhoria da qualidade do grão e uniformidade no desenvolvimento da cultura.

Nos últimos anos, diversas tecnologias de irrigação têm sido desenvolvidas e adaptadas para o cultivo do milho segunda safra, buscando aumentar a eficiência no

uso da água e reduzir os custos de produção. As principais tecnologias de irrigação incluem:

- Irrigação por gotejamento: Embora mais comumente associada a culturas como a fruticultura, a irrigação por gotejamento tem sido adaptada para o milho, permitindo uma aplicação direta nas raízes das plantas e evitando perdas por evaporação. Medeiros et al. (2022) indicam que o gotejamento pode ser uma alternativa viável para áreas com baixa disponibilidade de água.
- Irrigação por aspersão convencional: Outro sistema bastante utilizado em diversas regiões, especialmente em áreas de pequeno e médio porte. A irrigação por aspersão convencional permite uma cobertura ampla da área cultivada e pode ser regulada de acordo com a necessidade hídrica da cultura (SILVA et al., 2007).

Apesar dos benefícios evidentes, a irrigação no milho segunda safra também enfrenta desafios, especialmente em relação à disponibilidade de recursos hídricos e ao custo de implantação dos sistemas de irrigação que exige um investimento inicial considerável, podendo ser um obstáculo para pequenos produtores (HERNÁNDEZ, 2015). A irrigação também pode ser integrada com outras práticas sustentáveis, como o uso de técnicas de manejo conservacionista do solo, o que pode contribuir para a melhoria da retenção de água no solo e redução da necessidade de irrigação.

3.1.2 Hidrogel agrícola

O uso de hidrogel agrícola tem se destacado como uma tecnologia inovadora e promissora para melhorar a eficiência do uso da água em diversas culturas, incluindo o milho segunda safra.

O hidrogel é um material de aspecto granulado super absorvente composto por polímeros que têm a capacidade de absorver, reter e liberar água de forma gradual para as plantas, conforme a necessidade hídrica do solo e das raízes. A utilização de hidrogel no cultivo agrícola visa melhorar a retenção de água no solo,

reduzindo a dependência de irrigação e mitigando os efeitos de períodos de seca ou estiagem (REICH et al., 2021).

Para o milho segunda safra, que é cultivado em uma janela agrícola com variações climáticas e desafios hídricos, o uso de hidrogel pode ser particularmente vantajoso, especialmente em regiões que enfrentam limitações no fornecimento de água.

Em estudos realizados por Souza et al. (2017), foi observada uma redução significativa na frequência de irrigação para culturas de milho quando o hidrogel foi utilizado, sem comprometer a produtividade. Carvalho et al. (2020) observam que o uso de hidrogel no milho segunda safra pode melhorar a taxa de germinação e o crescimento inicial das plantas, o que é crucial para o sucesso da safra. Reich et al. (2021) afirmam que o uso de hidrogel pode reduzir as perdas de água por evaporação e aumentar a disponibilidade de água para as raízes, contribuindo para uma maior eficiência na utilização dos recursos hídricos.

Diversos estudos têm mostrado que o uso de hidrogel pode influenciar positivamente a produtividade e qualidade do milho segunda safra. A redução do estresse hídrico durante períodos críticos resulta em um aumento no número de grãos por espiga e no peso médio dos grãos, além de melhorar a uniformidade da produção.

Silva et al. (2020) relataram que o uso de hidrogel agrícola no milho segunda safra pode aumentar a produtividade em até 20%, especialmente em regiões com clima mais seco ou em anos de baixa precipitação. Além disso, Costa et al. (2018) mostraram que o uso de hidrogel em solos arenosos, que têm baixa capacidade de retenção de água, é vantajoso, pois o hidrogel ajuda a manter umidade adequada para o desenvolvimento do milho durante todo o ciclo, o que melhora a qualidade do grão e a quantidade de espigas por planta.

Apesar dos benefícios comprovados, o uso de hidrogel agrícola no milho segunda safra também apresenta desafios e limitações que precisam ser considerados para que seu uso seja eficaz, como o custo elevado para adquirir o produto, a degradação do mesmo, especialmente sob condições de alta temperatura ou pH alterado que pode reduzir sua eficácia no longo prazo, exigindo novas aplicações a cada safra (Lima et al., 2019) e impactos ambientais, embora seja considerado seguro, o seu impacto ambiental em longo prazo ainda precisa ser mais

investigado. O acúmulo de resíduos plásticos no solo pode afetar a estrutura do solo e a biodiversidade (Carvalho et al., 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Oeste Paulista, na Área Experimental da FCAT - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, localizado no município de Dracena – SP, com coordenadas geográficas: Latitude 21°27' S e Longitude 51°33' W e altitude média de 400m, temperatura média anual de 24,0°C e precipitação média de 1.204 mm ao ano. O clima é classificado predominantemente do tipo Aw de acordo com a classificação Koppen, o solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, de textura arenosa (Santos et al., 2018). A textura do solo, determinada pelo método da pipeta, no laboratório de solos foi: 86,6 g/kg de argila, 836,5g/kg de areia e 76,9 g/kg de silte (Teixeira et al., 2017).

Em outubro de 2023, foi realizada a coleta de solo onde foram recolhidos 10 pontos de amostras simples para fazer uma composta. A amostra composta teve pontos com profundidade de 0-20 cm e de 20-40 cm, sendo encaminhado para laboratório para determinação química (Raij et al., 2017) e após determinação, os resultados foram apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores correspondentes a análise de solo da área.

Amostra (cm)	pH (CaCl ₂)	MO (g/dm ³)	P	S	K	Ca	Mg	H+ Al	Al	SB	CTC	V	M
(Cm)	(CaCl ₂)	(g/dm ³)	(mg/dm ³)					(mmolc/dm ³)				(%)	
0-20	5,2	6,0	10,0	7	2,2	15	4,9	24	0	22,1	46	47,6	15
20-40	4,7	3,0	9,0	8	1,8	8,3	3	24	2	13,1	37	35,0	27
B	Cu	Fe	Mn	Zn									
	(mg/dm ³)												
0,11	1,5	2,8	10	1,1									
0,8	1,5	2,1	13	0,9									

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas pelo uso de irrigação no milho e pela condução da cultura em sequeiro. As subparcelas foram compostas por 5 doses de hidrogel agrícola, sendo 0, 10, 20, 30 e 40 kg ha⁻¹ de hidrogel Stockosorb 660, granulometria média (0,8 - 2,0 mm); que foram aplicadas via sulco de semeadura no milho, juntamente com o fertilizante

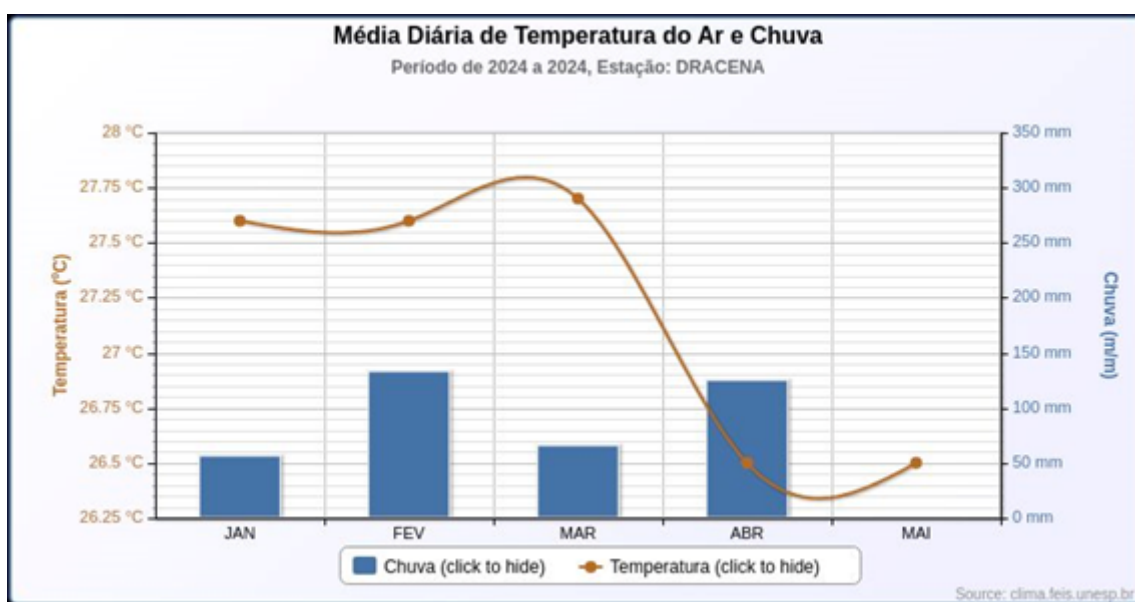
N-P-K (04-14-08), totalizando 40 parcelas. As doses recomendadas de Stockosorb 660 na bula para cereais é de 15-30 kg ha⁻¹.

Cada unidade experimental foi delimitada com dimensão de 6 m de comprimento x 2,25 m de largura, totalizando 540 m² (5 linhas de semeadura do milho com espaçamento entre linhas de 0,45 m). A área útil de cada parcela foi constituída por 2 linhas centrais, desprezando 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha.

A irrigação foi realizada em sistema de aspersão convencional com lâmina d'água controlada, tendo 80% de eficiência, intensidade de 10 mm h⁻¹, pressão de serviço (PS) 30 mca, com espaçamento de 6 m entre aspersores, totalizando 6 aspersores em uma única linha de tubos, com 12 m de espaçamento entre as parcelas irrigadas e sem irrigação. Sendo assim, as irrigações foram realizadas para manter o milho em 100% da evapotranspiração da cultura – ET_c, baseado na estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), e no coeficiente da cultura (K_c) de acordo com cada fase fenológica da mesma. As irrigações foram realizadas em todo o experimento até a emergência das plântulas, após isso, foi feita apenas nas parcelas de tratamento irrigado de acordo com as necessidades da cultura.

Durante a condução do experimento, dados de precipitação e umidade relativa do ar foram monitorados para melhor controle da cultura, apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Dados diários de precipitação e média da temperatura, durante o período em que foi conduzido o experimento, na safra 2024.



Para a área experimental, o preparo do solo foi realizado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens; posteriormente, foi feita a

medição e delimitação da área com bandeirinhas. Para o cultivo, abriu-se o sulco de semeadura de forma mecanizada para e neste momento foi depositado 500 kg ha⁻¹ de adubo NPK (04-14-08). Em sequência, foi aplicado hidrogel agrícola Stockosorb 660 (granulometria média) junto com o adubo; após a aplicação do hidrogel, o mesmo foi coberto. Após, a semeadura foi realizada de forma mecanizada no dia 26/01/2024 com sementes de milho híbrido Agrocerees 8701PRO3 Verão Tropical (tolerante ao enfezamento), utilizando 3 sementes por metro.

Nas Figuras de 2 a 13, são apresentadas operações realizadas para o planejamento da área, preparo do solo, momento da adubação, aplicação de hidrogel agrícola, semeadura, montagem de irrigação e emergência das plântulas.

Figura 2 – Medição da área (25/01/2024). Dracena - SP.

Figura 3 – Abertura e deposição de adubo nos sulcos (26/01/2024). Dracena - SP.

Figura 4 – Área pré-plantio (26/01/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figuras 5, 6 e 7 – Momento de marcação e adubação dos sulcos de semeadura (26/01/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figuras 8, 9 e 10 – Demonstração e aplicação do produto Stockosorb 660 (26/01/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 11 – Semeadura do milho (26/01/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

No mesmo dia, 26/01/2024, foi instalada a irrigação por aspersão na área experimental.

Figura 12 – Sistema de irrigação instalado (26/01/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Nos dias 26, 28 e 30 de janeiro foram realizadas irrigações em todo o experimento com lâmina de 30 mm para emergência das plântulas de milho, onde as mesmas emergiram no dia 31/01/2024. No dia 02/02/2024 foi realizado o replantio manual de acordo com as falhas da área, deixando 3 plantas por metro e posteriormente foi realizada a irrigação das parcelas experimentais; após isso, a

irrigação foi feita apenas nas parcelas do tratamento irrigado de acordo com as necessidades da cultura.

Figura 13 – Emergência das plântulas (31/01/2024). Dracena - SP



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A primeira adubação de cobertura foi realizada no dia 20/02/2024, aos 20 dias após emergência, utilizando 30 kg ha⁻¹ de N tendo como base sulfato de amônio. A segunda adubação de cobertura foi realizada no dia 12/03/2024, aos 41 dias após emergência, onde foram utilizados 30 kg ha⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ de K da formulação 20-00-20. Após cada adubação, foi feita a irrigação do experimento.

O controle de pragas, doenças e plantas daninhas na área das parcelas experimentais foi realizado de forma mecanizada, com aplicação de produtos químicos recomendados para a cultura do milho, respeitando-se as doses e períodos de carência de cada produto.

Na Tabela 2, são apresentados os produtos que foram utilizados no período de condução do experimento.

Tabela 2 – Manejo fitossanitário na cultura do milho. Dracena – SP.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Dose
Nomolt	Teflubenzurom	100 mL p.c./ha
Lannate	Metomil	0,4 L p.c./ha
Polytrin	Cipermetrina+Profenofós	0,4 L p.c./ha
Actara 250 WG	Tiametoxam	100 g/ha
Pirate	Clorfenapir	0,75 L p.c./ha
Decis	Deltametrina	200 mL p.c./ha
Opera	Piraclostrobina + Epoxiconazol	0,75 L p.c./ha
Beauveria Oligos WP	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	8 kg/ha
Orkestra	Fluxapiroxade + Piraclostrobina	350 mL/ha
Malathion	Malationa	2 L p.c./ha
Engeo Pleno	Tiametoxam + Lambda-Cialotrina	250 mL p.c./ha
Glifosato	Glifosato	2 L p.c./ha

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

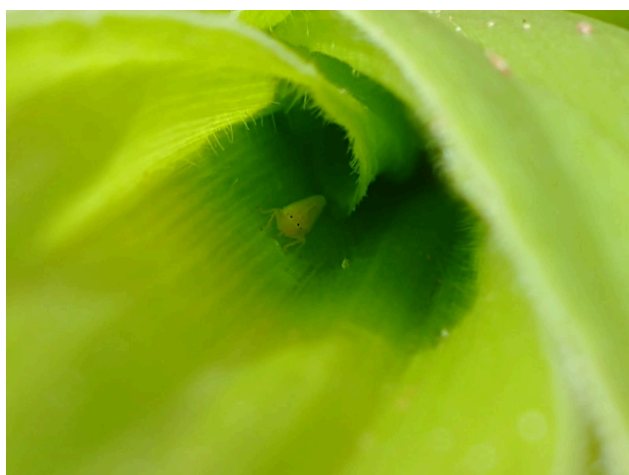
Diversas pragas foram identificadas na cultura ao longo do período de realização do experimento e são apresentadas nas Figuras de 14 a 18.

Figura 14 – Percevejo-Gaúcho (*Leptoglossus zonatus*), (05/03/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 15 – Cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), (21/02/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 16 – Marcas de ataque de lagartas (21/02/2024). Dracena - SP.



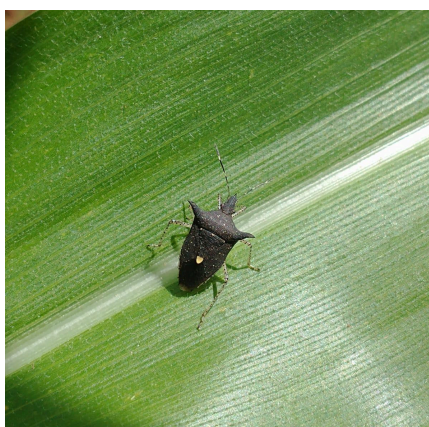
Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 17 – Marcas de ataque de percevejo (21/02/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 18 – Percevejo (*Proxys albopunctulatus*), (05/03/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo autor

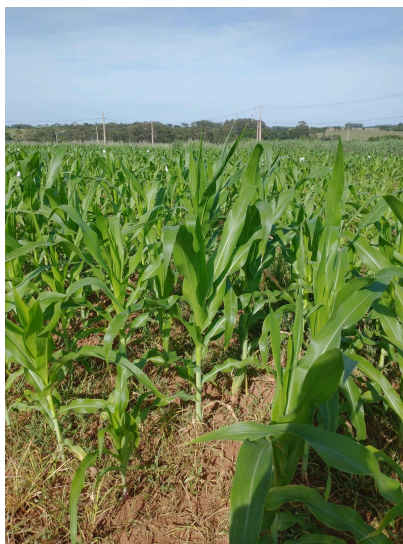
A cultura apresentou bom desenvolvimento, mostrados nas Figuras 19 e 20, aos 22 e 34 dias após a emergência. Na Figura 21 é possível observar sintomas de enfezamento, causados pela Cigarrinha do Milho, aos 59 dias após emergência.

Figura 19 – 22 dias após emergência (21/02/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 20 – 34 dias após emergência (04/03/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 21 – Sintomas de enfezamento causados pela Cigarrinha do Milho (25/03/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo autor

As avaliações aplicadas em campo permitiram verificar como cada uma delas influenciou o potencial produtivo do milho. A variação nos tratamentos testados mostrou a resposta da cultura às diferentes condições de manejo da água, auxiliando na escolha das práticas mais adequadas para cada estágio.

No estágio R1 (pleno florescimento), foi realizada a leitura ICF, medindo o teor de clorofila das folhas com o clorofilômetro Falker CFL 1030. Em transição do estágio R1 para R2, (florescimento e enchimento de grãos), foram realizadas avaliações em plantas previamente marcadas, de altura das plantas: realizada com a utilização de trena, medindo a partir do nível do solo à inserção da última folha; inserção da espiga, considerada como a distância do nível do solo ao ponto de inserção da primeira espiga; diâmetro do caule: obtido no primeiro internódio da base para o ápice da planta, pela média entre os dois extremos utilizando um paquímetro; produção total de matéria fresca da parte aérea realizando coleta da parte aérea de três plantas em sequência na linha de semeadura, seguido de pesagem com uso de balança; produção total de matéria seca da parte aérea que foi realizada após a obtenção da matéria fresca, em que as amostras obtidas foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C, até atingir massa em equilíbrio e posterior pesagem. No momento da colheita foi determinado a produtividade de grãos em duas linhas centrais, excluindo 0,5 metros de cada extremidade, corrigindo-se o teor de água para 13% de base úmida; componentes da produção de grãos: número de fileiras de grãos por espiga, de grãos por fileira, a massa seca de cem grãos e o diâmetro médio, com o auxílio de um paquímetro, em dez espigas por parcela, todos contados individualmente e com a utilização de balança de precisão.

As Figuras 22 a 31 apresentam os diferentes estádios fenológicos da cultura, além das etapas de coleta e armazenamento do material para análise, ensacamento das espigas e a coleta final do experimento.

Figura 22, 23, 24 e 25 – Pleno florescimento e início da formação de espigas (22/03/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 26 – Coleta e pesagem de plantas para obtenção de matéria fresca (10/04/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figuras 27 e 28 – Matéria fresca coletada e levada para secagem em estufa para obtenção de matéria seca (10/04/2024). Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 29 – Ensacamento das espigas de milho para avaliação em laboratório (06/04/2024) Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figuras 30 e 31 – Colheita das espigas de milho realizada nos dias 13 e 14/05/2024 para avaliação em laboratório Dracena - SP.



Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente à análise de regressão polinomial para o fator quantitativo e teste de Tukey para o fator qualitativo, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR versão 5.3.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados a seguir fazem referência à Tabela 3. Na avaliação do número de fileiras de grãos, não houve resultados significativos ao fazer uso da irrigação ou das doses do hidrogel; a interação entre os tratamentos não foi significativa.

Para o número de grãos por fileira, houve resultados significativos e observou-se que as médias maiores foram ao fazer uso da irrigação (35,72 grãos) e menores sem irrigação (30,20 grãos); não houve resultados significativos para o uso de doses e não houve interação entre os tratamentos.

Na avaliação de diâmetro de espigas, houve resultado significativo para irrigação, sendo possível observar que ao fazer uso da mesma as espigas apresentaram maior diâmetro com média de 37,63 mm, enquanto para sequeiro as espigas apresentaram diâmetro menor de 35,16 mm. Não houve resultado significativo para doses do hidrogel e não houve interação entre os tratamentos. No recente trabalho de Sousa (2022), os valores observados nos tratamentos com o polímero retentor favoreceu o maior diâmetro de espiga, o que não ocorreu como esperado neste experimento. Segundo Homayoun (2011), o diâmetro de espiga causa um incremento do número de fileiras por espiga e consequentemente um incremento do número de grãos por espiga, resultando em maior rendimento de grãos.

Para massa de cem grãos, houve resultados significativos com maior massa de grãos para os tratamentos irrigados (17,57 g) e menor para sequeiro (15,22 g); os resultados não foram significativos quanto ao uso de diferentes doses de hidrogel e não houve interação entre os tratamentos.

Tabela 3 – Valores de $p>F$ e teste de comparação de médias para número de fileiras de grãos por espiga (NF), número de grãos por fileira (NG), a massa seca de cem grãos (MG) e o diâmetro médio de espigas (DE) do milho em função de uso de irrigação e doses de hidrogel. Dracena-SP, 2024.

Teste F	NF	NG	DE	MG
	$p>F$			
Irrigação (i)	0,1034	0,0000	0,0000	0,0000
Doses (d)	0,4737	0,5726	0,1826	0,1818
d*i	0,6868	0,8866	0,8223	0,2705
	nº	nº	mm	g
Com	14,07 a	35,72 a	37,63 a	17,57 a
Sem	13,90 b	30,20 b	35,16 b	15,22 b
C.V. %	5,23	8,71	6,95	7,99
D.M.S.	0,211	1,435	0,697	0,316
Regressão Polinomial				
0	13,96	31,84	36,03	16,08
10	14,03	33,26	35,37	16,26
20	13,90	32,93	36,48	16,55
30	14,06	33,13	36,20	16,23
40	14,00	33,62	36,89	16,61
$p>F$ (linear)	0,6998	0,1759	0,0925	0,0703
$p>F$ (quadrática)	0,8278	0,4170	0,8815	0,4203

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados a seguir fazem referência à tabela 4. Para valores de P, a leitura SPAD apresentou resultados significativos para irrigação, onde o mesmo demonstrou maior teor de clorofila nas folhas da cultura (45,39%). Também houve resultados significativos para doses de hidrogel, sendo possível observar um ajuste linear que, à medida que as doses de hidrogel aumentam, a leitura de clorofila (ICF) também se eleva; não houve interação significativa entre os tratamentos.

Na avaliação de altura de plantas, houve resultados significativos fazendo o uso da irrigação, que apresentou média de 1,44 m, diferenciando do tratamento de sequeiro com média de 1,22 m. Não houve resultados significativos para diferentes doses de hidrogel, como também não houve interação entre os tratamentos. Schneider (2024) observou que a altura das plantas de milho até a fase de florescimento não variou significativamente entre os tratamentos.

Para valores de P, a altura de inserção da primeira espiga não apresentou resultados significativos para irrigação e doses, como também não houve interação entre os tratamentos.

Para diâmetro de colmo houve resultados significativos ao fazer uso da irrigação, onde a média maior foi de 18,65 mm e a menor 17,09 mm, com a condução em sequeiro. Não houve resultados significativos com diferentes doses de hidrogel e os tratamentos não tiveram interação.

Tabela 4 – Valores de p>F e teste de comparação de médias para leitura de clorofila (ICF), altura de planta (ALT), inserção da primeira espiga (IE) e o diâmetro médio de colmo (DCOLMO) do milho em função de uso de irrigação e doses de hidrogel. Dracena-SP, 2024.

Teste F	ICF	ALT	IE	DCOLMO
	p>F			
Irrigação (i)	0,0012	0,0000	0,3911	0,0059
Doses (d)	0,0362	0,2175	0,8457	0,3879
d*i	0,1796	0,7901	0,8366	0,9304
	(ICF)	(m)	(m)	(mm)
Com	45,39 a	1,441 a	0,6895 a	18,65 a
Sem	42,33 b	1,224 b	0,6775 a	17,09 b
C.V. %	3,20	6,46	6,37	9,24
D.M.S.	0,909	0,055	0,028	1,072
Regressão Polinomial				
0	42,75	1,281	0,6925	17,61
10	43,32	1,340	0,6737	17,49
20	44,68	1,363	0,6887	18,94
30	43,84	1,308	0,6787	17,54
40	44,72	1,371	0,6937	17,78
p>F (linear)	0,0082 ⁽¹⁾	0,1338	0,8787	0,8297
p>F (quadrática)	0,4042	0,3083	0,2874	0,3315
Equação				
(1) y = 42,9695 + 0,0446 x				

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados a seguir fazem referência à tabela 5. Para valores de P, na avaliação de matéria fresca houve resultados significativos para irrigação, onde as plantas produziram maior quantidade de matéria fresca; as diferentes doses não apresentaram resultados significativos e não houve interação entre os tratamentos.

Para valores de P, a análise de matéria seca apresentou resultados significativos com o uso da irrigação, não tendo resultados significativos para o uso de doses. Não houve interação entre os tratamentos. Marques et al. (2013), ao testarem o uso do hidrogel como substituto na irrigação em mudas de café, obtiveram valores de massa seca igual ou superior aos tratamentos com irrigação regular, também constataram que o tratamento sem polímero e sem irrigação, apresentaram menores valores de parte aérea, em comparação com as mudas dos demais tratamentos utilizando o produto.

Na avaliação de índice de colheita, não houve resultados significativos para irrigação e doses, como também não houve interação entre os tratamentos.

Na avaliação de produtividade os resultados foram significativos, onde as maiores médias foram encontradas com o uso da irrigação; não houve resultados significativos com o uso de doses de hidrogel e não houve interação entre os tratamentos. O uso de polímero retentor no cultivo de soja, segundo Pelegrin et al. (2017), resultou em um aumento significativo da produção de grãos, onde os autores atribuem esse resultado à maior disponibilidade de água no solo, que favoreceu o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas; já Fidelis et al. (2018), trabalhando com diferentes doses de hidrogel na cultura da soja sob estresse hídrico, verificaram que a dose de 15 kg ha⁻¹ foi a que proporcionou maior produtividade de grãos, o que não ocorreu no presente estudo com doses de hidrogel no milho safrinha.

Tabela 5 – Valores de $p>F$ e teste de comparação de médias para matéria fresca (MF), matéria seca (MS), índice de colheita (IC) e produtividade (PROD) do milho em função de uso de irrigação e doses de hidrogel. Dracena-SP, 2024.

Teste F	MF	MS	IC	PROD
	$p>F$			
Irrigação (i)	0,0000	0,0001	0,1650	0,0000
Doses (d)	0,6613	0,8819	0,6091	0,7101
d*i	0,7205	0,8803	0,4416	0,9009
	(Kg/ha)	(Kg/ha)		(Kg/ha)
Com	13735,98 a	5226,16 a	0,6315 a	3260,00 a
Sem	9496,52 b	4351,31 b	0,6075 a	2626,90 b
C.V. %	19,23	12,89	8,58	10,99
D.M.S.	846,73	400,45	0,0445	157,79
	Regressão Polinomial			
0	11143,05	4730,26	0,6125	2941,40
10	12435,69	4681,67	0,6050	3062,76
20	11837,82	4850,46	0,6225	3039,36
30	13589,98	4715,83	0,6450	3112,29
40	12074,71	4965,46	0,6125	3061,42
$p>F$ (linear)	0,1780	0,4710	0,5068	0,2963
$p>F$ (quadrática)	0,5937	0,7225	0,4283	0,3068

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6 CONCLUSÃO

A irrigação do milho segunda safra beneficiou o crescimento e desenvolvimento da cultura em função do maior número de grãos por fileira, massa seca de cem grãos e produtividade. O uso de hidrogel proporcionou resultados significativos apenas para a leitura de clorofila - ICF, as demais avaliações não apresentaram resultados significativos. Portanto, é recomendável realizar novos estudos com o hidrogel agrícola, variando marcas e doses do produto para melhor explorar o potencial do mesmo e da cultura.

REFERÊNCIAS

AZZAM, REDA AI. "Agricultural polymers polyacrylamide preparation, application and prospects in soil conditioning. **"Communications in Soil Science and Plant Analysis 11.8 (1980): 767-834.**

BATTISTI R. Épocas de semeadura da cultura da soja com base no risco climático e na rentabilidade líquida para as principais regiões produtoras do Brasil. Piracicaba, São Paulo, 2013. **(Dissertação de mestrado em Engenharia de sistemas agrícolas) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura. Luiz de Queiroz"**.

BELEN-HINOJOSA, M; CARREIRA, JA; GARCIA-RUIZ, R et al. Soil moisture pretreatment effects on enzyme activities as indicators of heavy metal contaminated and reclaimed soils. **Soil Biology and Biochemistry**. 2004;36(10):559–1568.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MULLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. N. N. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.39, n.9, p.831-839, set. 2004.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F. et al. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n.2, p.243-249. 2006

BISCARO, Guilherme Augusto; MOTOMIYA, Anamari Viegas de Araújo; RANZI, Rafael; VAZ, Marcos André Braz; PRADO, Eber Augusto Ferreira do; SILVEIRA, Bianca Lourenço Rosa. Desempenho do milho safrinha irrigado submetido a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar. **Agrarian**, [S. l.], v. 4, n. 11, p. 10–19, 2011. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/1119>.

CAMPOS, A. J. de M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F.. Water stress in plants: a review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 15, p. e311101523155, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i15.23155. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23155>.

CARVALHO, M. L., Silva, A. G., & Souza, T. P. (2020). Utilização de hidrogel agrícola no milho safrinha: Efeitos na germinação e no crescimento inicial. **Revista Brasileira de Agricultura**, 58(4), 12-24.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra brasileira de grãos**, v. 9 - Safra 2021/22, n 1 – Nono levantamento, p. 1-98, junho 2022. Disponível em <
<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-degraos>

CONAB. (2023). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: 2022/2023**. Companhia Nacional de Abastecimento.

CONTINI, E; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGUI, E.; MIRANDA, R. A; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J.R.A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos. **SÉRIE DESAFIOS DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO (NT2)**, 2019. p. 1 - 8.

COSTA, F. R., Santos, D. P., & Almeida, R. L. (2018). Avaliação do desempenho do milho safrinha em solos arenosos com uso de hidrogel agrícola. **Revista de Ciência do Solo**, 42(6), 1331-1341.

CRISPIM, Weverton de Araujo. Hidrogel como alternativa para o desenvolvimento de leguminosas no semiárido. 2019. 39 f. **Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza**, 2019.

DEMINSKI, Leonardo Henrique et al. APLICAÇÃO DE HIDROGEL COM DOSES DE SULFATO DE POTÁSSIO NO DESENVOLVIMENTO DA SOJA. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, v. 13, n. 2, p. e1217-e1217, 2024.

FANCELLI, A. L. **Milho: Ecofisiologia**. Piracicaba: USP: ESALQ: LPV, 2015.

FIDELIS, R. R., LOPES, M. B. S., MARTINEZ, R. A. S., MARQUES, K. R., DE SOUZA AGUIAR, R. W., VELOSO, D. A. Influence of hydrogel use on soybean cultivation hydric stress. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 5, 2018.

HERNÁNDEZ, F. (2015). Efeitos do estresse hídrico no milho: Implicações para o manejo agrícola. **Revista Brasileira de Agricultura**, 53(2), 45-58.

HOMAYOUN, H. et al. Study of some morphological traits of corn hybrids. **American Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 10, n. 5, p. 810-813, 2011.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015.

LIMA, E. D., Souza, J. S., & Almeida, L. D. (2019). O efeito do uso de hidrogel na produtividade do milho safrinha. **Revista Brasileira de Irrigação**, 19(2), 45-57.

MARQUES, P. A. A.; CRIPA, M. A. M.; MARTINEZ, E. H. Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. **Ciência. Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 1-7, jan. 2013.

MEDEIROS, L. F., Souza, A. R., & Pereira, F. T. (2022). Tecnologias de irrigação no cultivo de milho safrinha: perspectivas e desafios. **Revista Brasileira de Irrigação**, 20(1), 36-47.

MILANI P, FRANÇA D, BALIEIRO AG, et al. Polymers and its applications in agriculture. **Polímeros**. 2017;27(3):256–266.

MONTESANO FF, PARENTE A, SANTAMARIA P, et al. Biodegradable superabsorbent hydrogel increases water retention properties of growing media and plant growth. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**. 2015;4:451– 458.

PAYERO, J. O.; TARKALSON, D. D.;IRMAK, S.;DAVISON, D.;PETERSEN, J. L. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. **Agricultural Water Management, Nebraska**, v. 96, n. 10, p. 1387-1397, 2009.

PELEGRIIN, A. J. D. et al. Polímeros hidroretentores na cultura da soja em condições de solo argiloso na região norte do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 175-182, 2017.

REICH, R., Pereira, S. A., & Oliveira, J. P. (2021). Tecnologias de hidrogel agrícola no manejo de irrigação no milho: Potencial e desafios. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 16(3), 154-165.

SANTOS, F. R., Silva, L. G., & Souza, P. P. (2020). Impacto do estresse hídrico na produtividade do milho safrinha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 44, e0180462.

SCHNEIDER, N.; GABRIEL, T.; VOSS, H.; COSTA, A. da. AVALIAÇÃO DE FERTILIZANTES DE BASE E DO HIDROGEL NA CULTURA DO MILHO EM NO ALTO VALE DO ITAJAÍ. **Anais da Feira do Conhecimento Tecnológico e Científico**, [S. l.], v. 1, n. 24, 2024. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/fetec/article/view/5091>.

SHAH, W. A.; HAYA, Z., AMIN, R., ANWAR, S.; ISLAM, M., IKRAMULLAH, A. Effect of irrigation levels and seed rates on wheat production. **Pure and Applied Biology**. n. 5, n. 4, p.895-905, 2016.

SILVA, A. M., ALMEIDA, R. F., & MARTINS, L. O. (2007). **Manejo de cultivos de milho safrinha: Tecnologia e sustentabilidade**. Embrapa.

SILVA, F. T., Melo, L. P., & Souza, R. J. (2020). **Hidrogel agrícola: Impactos na eficiência hídrica e na produtividade do milho safrinha**.

SOUSA, Rodrigo Alves de. **Características Produtivas Do Milho Híbrido Utilizando Geopolímeros De Acrilato De Potássio Em Condições De Estresse Hídrico**. 2022.

TEIXEIRA, Paulo César et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 2017.

VON PINHO, R.G.; Rivera, A.A.C.; BRITO, H.N.; LIMA, T.G. Avaliação agronômica do cultivo de milho em diferentes níveis de investimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.1, p.39-46, 2009.

WAGNER, M. V. Características hidroclimáticas para a cultura do milho em Guarapuava-PR. Guarapuava, 2009. 91 p. **Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal**, 2009.