



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ADEMIR SILVA MENEZES

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO PIMENTÃO SOB REGIMES HÍDRICOS E
DOSES DE HIDROGEL NA IBIAPABA, CEARÁ**

TERESINA

2024

ADEMIR SILVA MENEZES

DESEMPENHO PRODUTIVO DO PIMENTÃO SOB REGIMES HÍDRICOS E
DOSES DE HIDROGEL NA IBIAPABA, CEARÁ

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Piauí, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Manejo do solo e da água.

Orientador: Prof. Dr. Edson Alves Bastos

Coorientador: Prof. Dr. Luis Gonzaga
Pinheiro Neto

TERESINA

2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial CCA
Serviço de Representação da Informação

M543d Menezes, Ademir Silva.
Desempenho produtivo do pimentão sob regimes hídricos e doses de hidrogel na ibiapaba, Ceará. / Ademir Silva Menezes. -- 2024.
96 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2024.
“Orientador: Prof. Dr. Edson Alves Bastos.”

1. *Capsicum annuum* L. 2. Hidrogel. 3. Manejo de água. 4. Economia de água. I. Bastos Edson Alves. II. Título.

CDD 635.643

Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163


ADEMIR SILVA MENEZES

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO PIMENTÃO SOB REGIMES HÍDRICOS E
DOSES DE HIDROGEL NA IBIAPABA, CEARÁ**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Piauí, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Manejo do solo e da água.

Aprovada em: 09 de fevereiro de 2024.


Comissão Julgadora

Documento assinado digitalmente
 **TONY ANDRESON GUEDES DANTAS**
Data: 23/02/2024 08:19:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Tony Andreson Guedes Dantas (IFCE – Tianguá)

Documento assinado digitalmente
 **THALES VINÍCIUS DE ARAUJO VIANA**
Data: 23/02/2024 05:44:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana (UFC)

Documento assinado digitalmente
 **RICARDO SILVA DE SOUSA**
Data: 23/02/2024 11:09:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ricardo Silva de Sousa (UFPI)

Documento assinado digitalmente
 **ADERSON SOARES DE ANDRADE JUNIOR**
Data: 23/02/2024 10:42:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Aderson Soares de Andrade Júnior (EMBRAPA Meio-Norte)

Documento assinado digitalmente
 **EDSON ALVES BASTOS**
Data: 22/02/2024 14:50:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Edson Alves Bastos (EMBRAPA Meio-Norte)
Orientador

**Teresina – PI
2024**

A todos os Agricultores Familiares, resistentes e comprometidos com a tarefa árdua de produzir alimentos diariamente. Aos meus avós Manoel Cordeiro (*in memoriam*) e Maria José de Menezes (*in memoriam*), pelos ensinamentos e incentivos constantes.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas graças alcançadas e forças para os desafios que a vida oferece.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade de cursar o doutorado e ao Silas Tavares.

Ao programa Cientista-chefe em Agricultura (Convênio 14/2022 SDE/ADECE/FUNCAP) pelo suporte financeiro para a realização da pesquisa no município de São Benedito, Estado do Ceará e, ao Instituto Agropolos do Ceará, na pessoa da Patrícia Moreira, pela concessão da Área experimental e infraestrutura do Prédio da Escola Tecflores.

À minha irmã Tec. Agrícola Célia Menezes por ter ajudado nas atividades de mensurar pimentão aos finais de semana, dia e noite.

Aos meus orientadores, Profs. Drs. Edson Alves Bastos, Luis Gonzaga Pinheiro Neto e Thales Vinícius de Araújo Viana, pelas experiências compartilhadas, ética e profissionalismo, disponibilidade e ensinamentos científicos, sobretudo, pelo apoio incondicional.

Ao Prof. Dr. Carlos Henrique Carvalho de Sousa pelo auxílio na mão de obra de montagem do experimento, avaliações e coletas de campo. Ao Dr. Marlus e prof. Claudivan pelo apoio nas leituras com IRGA. Ao Dr. Joilson Silva Lima pelo apoio no processamento dos dados para análise de contrastes. Aos Profs. Drs. Aderson Soares de Andrade Júnior, Henrique Antunes de Souza, Ricardo Silva de Sousa e Tony Andreson Guedes Dantas, pela disponibilidade e contribuições dadas ao material nas etapas do exame e defesa final da tese de doutorado.

Ao Prof. *MSc.* Thiago de Albuquerque Aragão, pela compreensão e flexibilidade nos meus horários de trabalho, apesar de não ter sido liberado para cursar o Doutorado, mas sempre me deu força junto a Direção de Ensino.

Aos discentes de Iniciação Científica, Dâney Erlen e Felipe Fontenele, pelo auxílio constante nas coletas de campo e cuidado primoroso nas atividades experimentais e pela a força na condução dos ensaios.

Aos colegas Hosana Andrade, Gustavo de Sousa, Zé Roberto, Sebastião Nascimento e Célia Ribeiro, companheiros nessa jornada de doutoramento.

Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a finalização desta conquista.

*É melhor escrever errado a coisa certa
do que escrever certo a coisa errada.*

Patativa do Assaré (1909 - 2002)

RESUMO GERAL

A agricultura irrigada contribui de forma relevante para a produção de alimentos no mundo, entretanto, o consumo de água doce nesta atividade é muito elevado, necessitando, desta forma, de um uso cada vez mais racional. Com o aumento populacional, a segurança hídrica e alimentar estão seriamente ameaçadas, assim, carece de uma oferta maior de alimentos e do uso de água de forma inteligente. Considerando que a aplicação de hidrogel no solo pode reduzir a lâmina de irrigação no pimentão, aumentar a disponibilidade de água no entorno da zona radicular e aumentar a produtividade da cultura, propôs-se esta pesquisa com o objetivo de avaliar tecnicamente o cultivo do pimentão sob lâminas de irrigação por gotejamento associadas a doses de hidrogel, aplicadas em solo de textura arenosa, em ambiente protegido e a campo aberto, na Ibiapaba, Ceará. Para tanto, foi conduzido um estudo na área do Instituto Agropolos do Ceará, em São Benedito, com pimentão híbrido cv. Dahra RX em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, sendo, quatro lâminas de irrigação correspondentes a 50, 75, 100 e 125% da ETc e quatro doses de polímero: 0,0; 0,60; 1,20; 2,40 g planta⁻¹, com quatro repetições. O ensaio foi realizado em dois ambientes de cultivo: protegido, no período de abril a agosto de 2022 e a campo aberto, no período de setembro a dezembro de 2022. Para verificar os efeitos dos regimes hídricos e do hidrogel na planta de pimentão, foram avaliadas a altura de planta, o diâmetro do caule, a área foliar, o número de frutos por planta, peso médio dos frutos, sólidos solúveis totais, a produtividade total, as trocas gasosas e a eficiência do uso da água. Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade, ao teste F e a análise de regressão para as lâminas de irrigação e as doses de hidrogel, todos a 5% de probabilidade. No ambiente protegido, os resultados revelaram que o incremento da irrigação associado as doses de polímero na forma de hidrogel promoveram aumento da área foliar, do peso médio de frutos, da produção de frutos por planta e maior produtividade, além disso, melhoria da qualidade de sólidos solúveis dos frutos de pimentão em ambiente protegido. O uso de hidrogel é efetivo no aumento da eficiência do uso da água de irrigação, permitindo a obtenção de produtividade de até 119,5 t ha⁻¹ em ambiente protegido. Em relação ao cultivo em campo aberto, o uso de polímero hidrorretentor no cultivo de pimentão, sob regimes hídricos, proporcionou produtividade de frutos de pimentão de 77,4 t ha⁻¹ e o maior valor de eficiência do uso da água foi de 8,79 kg m⁻³ de água para 50% da água evapotranspirada. Desta forma, os resultados evidenciam que o hidrogel pode ser associado com irrigações deficitárias e permitir elevadas produtividades de frutos.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L., hidrogel, manejo de água, economia de água.

ABSTRACT

Irrigated agriculture makes a significant contribution to food production around the world. However, freshwater consumption in this activity is very high and therefore requires increasingly rational use. With the increase in population, water and food security are seriously threatened, thus requiring a greater supply of food and the intelligent use of water. Considering that the application of hydrogel to the soil can reduce the irrigation rate for peppers, increase the availability of water around the root zone, and increase the crop's productivity, this research was proposed to technically evaluate the cultivation of peppers under drip irrigation rates associated with doses of hydrogel, applied to sandy-textured soil, in a protected environment and the open field, in Ibiapaba, Ceará. To this end, a study was carried out in the area of the Instituto Agropolos do Ceará, in São Benedito, with hybrid peppers *cv.* Dahra RX in a randomized block design in subdivided plots, with four irrigation rates corresponding to 50, 75, 100, and 125% of ET_c and four doses of the hydrogel: 0.0; 0.60; 1.20; 2.40 g plant⁻¹, with four replications. The trial was carried out in two growing environments: protected, from April to August 2022, and in the open, from September to December 2022. To verify the effects of water regimes and hydrogel on the bell pepper plant, plant height, stem diameter, leaf area, number of fruits per plant, average fruit weight, total soluble solids, total yield, gas exchange, and water use efficiency were evaluated. The data was subjected to the Shapiro-Wilk test to check for normality, the F test, and regression analysis for irrigation rates and hydrogel doses, all at 5% probability. In the protected environment, the results showed that the increase in irrigation associated with the doses of polymer in the form of hydrogel promoted an increase in leaf area, average fruit weight, fruit production per plant, and higher productivity, as well as an improvement in the quality of soluble solids in the chili fruit in a protected environment. Use of the hydrogel is effective in increasing the efficiency of irrigation water use, allowing yields of up to 119.5 t ha⁻¹ to be obtained in a protected environment. About open field cultivation, the use of hydrogel in bell pepper cultivation, under water regimes, provided bell pepper fruit yields of 77.4 t ha⁻¹, and the highest water use efficiency value was 8.79 kg m⁻³ of water for 50% of the evapotranspiration water. Thus, the results show that hydrogel can be associated with deficit irrigation and enable high fruit yields.

Keywords: *Capsicum annuum* L., hydrogel, water management, water economy.

RESUMO GERAL	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO GERAL	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Características da cultura do pimentão	11
2.2 Cultivo do pimentão	12
2.2.1 <i>Cultivo protegido</i>	14
2.2.2 <i>Cultivo em campo aberto</i>	16
2.3 Demanda hídrica e irrigação na cultura do pimentão	17
2.4 Déficit hídrico	21
2.5 Uso e efeito de polímeros hidrorretentores na agricultura	23
3. REFERÊNCIAS	28
CAPÍTULO I – Efeitos de regimes hídricos e doses de hidrogel no crescimento e na produtividade do pimentão em ambiente protegido	39
RESUMO	39
ABSTRACT	40
1. INTRODUÇÃO	41
2. MATERIAL E MÉTODOS	43
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4. CONCLUSÃO	59
5. REFERÊNCIAS	59
CAPÍTULO II – Respostas de pimentão híbrido em campo aberto com o uso de hidrogel e diferentes regimes hídricos	68
RESUMO	68
ABSTRACT	69
1. INTRODUÇÃO	70
2. MATERIAL E MÉTODOS	72
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
4. CONCLUSÃO	87
5. REFERÊNCIAS	87
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	95

1 INTRODUÇÃO GERAL

Com o aumento populacional do planeta, cresce a cada dia a pressão pela produção de alimentos no mundo e uma das alternativas para atender a demanda alimentar principalmente nas regiões áridas e semiáridas, é a prática da irrigação com manejo profissional. No entanto, é preciso conhecer também a dinâmica da relação solo-água-plantas-atmosfera, para lidar com as mudanças do clima e, sobretudo com o ecossistema dessas regiões e fazer o uso do solo e da água na agricultura de forma racional no sentido de melhorar a produtividade das plantas cultivadas com economia de água.

No planalto da Ibiapaba, ultimamente registram-se temperaturas máximas de 37 °C e mínimas de 22 °C, além de distribuição pluviométrica irregulares com menos de 1.000 mm anual, impedindo o reabastecimento das águas subterrâneas e causando estresses hídricos às plantas cultivadas. A região se caracteriza por apresentar ainda condições edafoclimáticas favoráveis ao desenvolvimento da horticultura irrigada, destacando-se nacionalmente pela elevada produção de frutas (maracujá, abacate e banana, principalmente) e hortaliças (pimentão, tomate e folhosas em geral), além das tuberosas como batata-doce e mandioca.

Dentre as hortaliças, o cultivo de pimentão está se tornando cada vez mais crescente na região da Ibiapaba, notadamente em ambiente protegido, devido a sua importância econômica, embora ainda faltem informações referentes ao manejo geral desta cultura: desde o preparo do solo até a colheita. Sobre a água utilizada para irrigação ainda é um entrave, pois a quantidade e a qualidade têm limitado a agricultura irrigada nesta região, principalmente aos agricultores familiares que dispõem de poucos recursos financeiros e sofrem sem acesso as políticas públicas como crédito rural e assistência técnica rural efetiva.

Geralmente as fontes de água para irrigação são provenientes de poços artesanais profundos (tubulares) de baixas vazões (em média 7 m³ h⁻¹) e com alto custo para sua perfuração (SRH, 2015). Além do mais, ainda contém óxido de ferro na maioria dos casos, logo, é preciso alternativas para se aumentar o armazenamento de água no solo e a sua disponibilidade para as plantas cultivadas, quando o caso é agricultura irrigada.

Neste sentido, quanto ao uso eficiente da água nos cultivos em áreas que há escassez hídrica, o uso de polímeros hidrorretentores (hidrogel) na agricultura surge como alternativa para os produtores, notadamente, aqueles que cultivam pimentão (*Capsicum annuum* L.), sob condições limitadas de água para tal finalidade. Portanto, o uso de tecnologia no manejo de solo e água no cultivo de pimentão é necessário, de modo que favoreça o aumento da capacidade de armazenamento de água na zona radicular em função de um volume de água tecnicamente adequado associado ao uso de polímero hidrorretentores, tornando-se importante para o alcance do potencial de rendimento.

Nesse contexto, os polímeros hidrorretentores (hidrogel) têm ganhado espaço na agricultura, tanto na produção de mudas quanto no crescimento de plantas (frutíferas e olerícolas), apontado como alternativa tecnológica para aumentar a capacidade de retenção de água no solo e a sua disponibilidade para as plantas, além de influenciar nas características físicas do solo, promovendo maior agregação das partículas por ser um condicionante de solo, particularmente em solos arenosos.

Na hipótese de que: a) a aplicação de doses de hidrogel no solo pode diminuir o volume de água necessário para a irrigação do pimentão, sem afetar negativamente a sua produtividade, em ambiente protegido durante o período chuvoso e em campo aberto no período seco do ano; b) a aplicação de hidrogel no solo é capaz de reduzir a lâmina de irrigação acumulada necessária para o cultivo de pimentão, sem comprometer a produtividade das plantas, quando testada em cultivos distintos: ambiente protegido durante o período chuvoso e em campo aberto durante o período seco do ano. Assim, propôs-se esta pesquisa com o objetivo de: a) avaliar o comportamento morfofisiológico da planta de pimentão em função da aplicação das doses de hidrogel e diferentes lâminas de irrigação; b) examinar os efeitos do hidrogel na produtividade do pimentão durante os períodos chuvoso e seco no planalto da Ibiapaba-CE, em cultivo protegido e a campo aberto; c) determinar a dosagem ótima de hidrogel para maximizar a produtividade do pimentão sob condições de déficit hídrico; d) Estabelecer a lâmina de irrigação ideal para o cultivo do pimentão, otimizando o uso de água e os benefícios do hidrogel em diferentes ciclos produtivos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características da cultura do pimentão

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma planta antiga, seus primeiros registros ocorreram entre 7.000 – 5.000 anos antes de Cristo (a. C.) no Estado de Tamaulipas em cavernas de Ocampo de la Sierra, em seguida mais informações foram encontradas entre 6.000 – 4.000 a.C. em Coxcatlán e entre 600 – 1.521 depois de Cristo (d. C.) em Silvia e Guilá Naquitz em Oaxaca (CASTELLÓN-MARTÍNEZ *et al.*, 2014).

A classificação botânica do pimentão é dividida em: *Spermatophyta*; Subdividida em *Angiosperma*; Subclasse: Malvales-Tubiflorae; Ordem: *Solanales*; Família: *Solanaceae*; Gênero: *Capsicum*; Espécie: *Capsicum annuum*. A família *Solanaceae*, abrange onze gêneros que ocorrem em regiões de clima temperado e tropical (CASALI; COUTO, 1984).

A planta de pimentão (*Capsicum annuum* L.), pelo seu bom retorno econômico na agricultura brasileira, está entre as dez hortaliças mais importantes do Brasil (BLAT *et al.*, 2007). O gênero *Capsicum* é economicamente muito importante, da família *Solanaceae* (HERNÁNDEZ-PÉREZ *et al.*, 2020), o fruto é rico em antioxidantes e em vitaminas essenciais (BABELLAHI *et al.*, 2020) ao organismo, consumido em todo o território nacional de várias formas, principalmente na forma de fruto verde (MAROUELLI; SILVA, 2012) por ser uma planta de clima tropical. Segundo estes autores, as cultivares de pimentão são de várias cores disponíveis no mercado (verde, vermelho, amarelo, marfim e púrpuro) e os frutos podem ser de três formatos típicos: retangular, cônico e quadrado.

O pimentão é uma planta de crescimento arbustivo, considerada perene, mas também cultivada predominantemente como cultura anual, segundo Filgueira (2008). Além disso, possui raiz principal que pode atingir até 0,6 m de profundidade (GOTO; ROSSI, 1997). Outras características morfológicas do pimentão são as folhas ovaladas, com ápice agudo na parte terminal e coloração verde brilhante e flores hermafroditas que se localizam imediatamente abaixo da folha, numa região chamada axila. O fruto apresenta estrutura oca de pericarpo espesso e suculento,

cuja sementes estão concentradas em um tecido placentário, que também é parte comercializada da planta (GÁZQUEZ, 2006).

O consumo do gênero *Capsicum* é apreciado em quase todo o planeta e cresceu de forma significativa nos últimos anos, tal aumento deve-se ao conhecimento de seu conteúdo nutricional, conforme Reifschneider (2000) e Moreira (2012), o pimentão possui altos teores de vitaminas B1, B2, C e E, além disso, possui proteínas, glicídios, lipídios, minerais, betacarotenos, carotenoides e fibras que auxiliam no processo de digestão e também previnem problemas intestinais.

Ademais, o pimentão é utilizado na fabricação de molhos, condimentos e conservas, com isso, as demandas e exigências do consumidor quanto a qualidade cresce a cada dia sobre o pimentão, conforme Agostini-Costa *et al.* (2017) por conta dos carotenoides, que atuam como antioxidantes na prevenção e no alívio de diversas doenças, portanto, carece aumentar a produtividade das regiões produtoras desta cultura para atender as exigências alimentares da população.

Por ser uma cultura de ciclo curto (90 a 120 dias), a mão de obra ainda é familiar, como se observa na região da Ibiapaba, Ceará. Conforme Nascimento *et al.* (2015) e Melo *et al.* (2017), o pimentão é cultivado principalmente por pequenos e médios agricultores na região semiárida da região Nordeste, de acordo com o IBGE (2016), e o Ceará detém a maior produção nacional com 31,4%. Por isso, o cultivo de pimentão é um dos melhores exemplos de agricultura familiar e integração entre os pequenos agricultores e a agroindústria (AMOR; CUADRA-CRESPO, 2012).

2.2 Cultivo do pimentão

Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO, 2019), o México contribuiu com cerca de 7% da produção mundial de pimentão no período de 2010 a 2018 em razão da capacidade de produção daquele país, classificando-o como o principal produtor mundial (SAGARPA, 2017).

De acordo com HfBrasil (2017), no Brasil os Estados que mais produzem pimentão são: Minas Gerais, São Paulo, Ceará, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Pernambuco, o que corresponde a 87% do total da produção brasileira, cujas

variedades são as coloridas (verde, amarelo e vermelho). Segundo Rocha (2017) e Garcia Filho *et al.* (2017), a produtividade média brasileira é de 22,3 t ha⁻¹, numa área de 15.000 ha, totalizando uma produção de 334.615 toneladas.

O cultivo de pimentão pode ser efetuado ao longo do ano e, segundo Santos *et al.* (2019), o pimentão é cultivado em quase todo o território nacional, variando de acordo com as características climáticas, como por exemplo nos dois Estados do Nordeste (CE e PE), a época de plantio recomendada é de março a outubro sem dispensar a prática da irrigação e para aproveitar os preços na hora da comercialização.

Segundo HfBrasil (2017), agronomicamente, o cultivo do gênero *Capsicum* é recomendado para clima seco e ameno (18 a 35 °C) com prática da irrigação, as colheitas podem correr a partir dos 90 dias após a sementeira, mantendo-se o fruto com qualidade até o terceiro dia após a sua colheita. A produtividade média pode chegar até 49,3 t ha⁻¹ (GARCIA FILHO *et al.* 2017), até o quinto mês de cultivo no sistema convencional a campo aberto, já no sistema orgânico essa produtividade é bem menor. Saliente-se que em cultivo protegido o ciclo pode chegar até um ano.

É uma planta de cultivo anual, pode atingir até 2,0 m de altura, notadamente em híbridos cultivados dentro de ambiente protegido, as raízes se concentram nos primeiros 30 cm de profundidade do solo em condições irrigadas (FILGUEIRA, 2008), porém, as raízes adventícias podem alcançar até 1,0 m de comprimento na horizontal, a planta de pimentão emite de duas a três ramificações a partir de 20 a 30 centímetro de altura, mas depende da variedade.

Essa solanácea possui ciclo fenológico diferenciado, tal comportamento ocorre porque o estágio reprodutivo e o de maturação se sobrepõem (MAROUELLI; SILVA, 2014), que deste modo, proporciona ao produtor rápido retorno financeiro, por ter um curto intervalo de tempo entre as colheitas e um amplo mercado consumidor (MORTATE *et al.*, 2018).

Por ocasião do preparo do solo para o cultivo de pimentão, é preciso as seguintes operações: limpeza da área, aração e gradagem, incorporação de calcário caso seja necessário a correção para elevação do pH, mas antes carece de análise do solo para o conhecimento das características químicas e físicas do solo, segundo Martinez *et al.* (2016), o pimentão deve ser cultivado em solos de

textura média (areno-argiloso ou franco arenoso), que sejam férteis e elevados teores de matéria orgânica.

O pimentão exige solo de boa drenagem, uma vez que suas raízes não toleram solos encharcados (HFBRASIL, 2017). O pimentão requer solos com valores de pH numa faixa entre 5,5 e 6,5, assim como a maioria das olerícolas, abaixo daquela faixa, a acidez do solo deverá ser corrigida com aplicação de calcário, cuja necessidade deve ser quantificada com base na análise de solo (MAROUELLI; SILVA, 2014); para solos com boa CTC a calagem pode ser realizada pelo menos 30 dias antes do plantio.

A planta de pimentão é sensível a elevadas temperatura do solo, portanto, para o bom desenvolvimento e crescimento, segundo Coelho *et al.* (2013), a temperatura ideal do solo é em torno de 25 °C e acima de 30 °C prejudica o desenvolvimento radicular e causa abortamento floral. Além disso, elevadas temperaturas do solo causam efeitos negativos também na atividade microbiana do solo, ademais, compromete a absorção de nutrientes pelas plantas (CARVALHO *et al.*, 2005).

Saliente-se que a produção de pimentão, é proveniente de campo aberto e de cultivo protegido com cobertura plástica, sendo a irrigação uma prática fundamental para suprir a demanda hídrica desta cultura, principalmente em regiões como no semiárido, onde há baixas precipitações pluviométricas, cuja média anual é inferior a 800 milímetros e há riscos de seca ou de prolongamento da estação seca (ROCHA, 2017).

O cultivo de pimentão em campo aberto, ambiente protegido e em estufas, apresenta resultados satisfatórios (SOUSA, 2022). No entanto, há diferença entre os ambientes, em termos de produtividade total e qualidade dos frutos, bem como nos aspectos morfológicos da cultura.

2.2.1 Cultivo protegido

Com o advento da plasticultura no meio rural na década de 1990 no Brasil, houve uma mudança no paradigma da agricultura no mundo todo, então, surge os sistemas de cultivos protegidos com diversos modelos e formas. Conforme Costa *et al.* (2011), o cultivo protegido se refere a uma estrutura para proteger as plantas

contra os agentes meteorológicos e que permita a passagem da luz. Aqueles autores relataram que o cultivo em ambiente protegido proporciona muitas vantagens no desenvolvimento das plantas, elevando-se a produtividade total.

O sistema de cultivo em ambiente protegido vem crescendo a cada dia, isso se deve a diminuição dos cultivos a céu aberto, por causa dos problemas com intempéries ambientais (SILVA *et al.* 2020b). Mundialmente, o cultivo em ambiente protegido é uma técnica agrícola relevante, particularmente durante as estações frias, presente em 89 países, cuja área de cultivo ultrapassa 3,70 milhões de hectares (CHANG *et al.*, 2013). O crescimento do cultivo protegido ocorrido nas últimas décadas no Brasil vem incrementado com várias tecnologias, sendo apontado como uma alternativa economicamente viável para os horticultores (MAROUELLI; SILVA, 2012), principalmente para os produtores de pimentão e outras olerícolas na região da Ibiapaba, Ceará.

Cultivar em sistema protegido é vantajoso porque ameniza os efeitos do frio, da temperatura, da chuva, dos ventos e de algumas doenças da parte aérea, ademais, prolonga o período de colheita das culturas e melhora a qualidade dos frutos (MAROUELLI; SILVA, 2012). As estruturas empregadas controlam os fatores climáticos total e/ou parcialmente favorecendo o desenvolvimento do pimentão na região com utilização da fertirrigação. Ressalte-se que o sistema de cultivo protegido suporta uma grande diversidade vegetal com vários benefícios econômicos (NI *et al.*, 2021).

O pimentão é uma das hortaliças que mais se destacam em sistema de cultivo protegido, com maior área cultivada no Brasil, além de outros países devido às características vantajosas deste tipo de cultivo (SILVA *et al.*, 2020a). Segundo a ABCSEM (2007), existem mais de 60 cultivares de pimentão, com destaque para os híbridos que predominam no cultivo protegido e têm presença significativa também em campo aberto.

O cultivo em ambiente protegido tem sido uma das alternativas para incrementar a produtividade das culturas, bem como para melhorar a qualidade do produto e também para a redução do consumo de água (VIOL *et al.*, 2017) e atender a demanda de vegetais frescos. Portanto, para se obter elevada produtividade neste sistema de cultivo, são vários os fatores que precisam ser considerados e estarem devidamente equilibrados, como nutrição das plantas,

água, cultivar e entre outros. Por isso, quanto aos cuidados com a nutrição no cultivo do pimentão em ambiente protegido, os produtores têm adotado a fertirrigação (SANTOS *et al.*, 2020).

Por fim, os cultivos em ambiente protegidos são caracterizados pelo uso de grandes quantidades de fertilizantes e irrigações excessivas (YAO *et al.*, 2019), sendo necessário a utilização racional destes insumos. Adicionalmente, com o desenvolvimento do cultivo protegido de hortaliças, é necessário estudar as necessidades hídricas das culturas em estufas, uma vez que na literatura ainda carece de informações técnicas neste sentido. Segundo Lv *et al.* (2019) e Yao *et al.* (2019), as lâminas de irrigação nestes ambientes variam de 620 a 1.180 mm a cada cultivo vegetal. Por outro lado, em experimento com tomate por três anos (2015, 2016 e 2019) em estufa sob irrigação por gotejamento total e deficitário, Gong *et al.* (2020), reportaram que na fase de crescimento sob irrigação total foi de 310 a 350 mm, sendo 16 a 23% maior do que sob irrigação deficitária. A cada evento de irrigação há um gasto de água médio de 50 a 120 mm (LV *et al.*, 2019). Em tempo de escassez de recursos hídricos e alto custos com água e fertilizantes, é preciso potencializar o uso eficiente dos recursos na agricultura.

2.2.2 Cultivo em campo aberto

No Brasil a técnica de cultivo do pimentão a campo aberto é mais comum, mas nos últimos anos a produção em ambiente protegido tem se expandido por todas as regiões do país (SILVA *et al.*, 2020a), inclusive na região da Ibiapaba, Ceará. No cultivo a campo aberto é necessário um manejo adequado da cultura, sendo que neste sistema os tratos culturais devem levar em consideração todos os fatores como temperatura, luminosidade, disponibilidade de nutrientes, qualidade do solo e irrigação que influenciarão no desenvolvimento da planta (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Tradicionalmente o pimentão tem sido cultivado a céu aberto, mas ainda irrigado por sulco, com produtividade estimada em até 50 t ha⁻¹ principalmente durante a estação seca (MAROUELLI; SILVA, 2012), mas é sabido que no cultivo em campo aberto há maior consumo de água pela planta, portanto, a irrigação se torna prática fundamental para suprir a demanda hídrica das plantas, contudo, a

água de irrigação precisa ser quantificada e economizada corretamente em tempos de escassez hídrica, de modo que possa efetuar o manejo profissional da irrigação e garantir alto rendimento das plantas cultivadas.

Em campo aberto, maior possibilidade de redução dos índices de produtividade e qualidade dos frutos, ademais, os custos com os tratos culturais são maiores, haja visto, a maiores incidências de ataques às plantas por pragas e doenças.

2.3 Demanda hídrica e irrigação na cultura do pimentão

É sabido que a água é fundamental à produção agrícola, devendo ser seu uso de forma racional, uma vez que a falta ou excesso de água afeta significativamente a produção e produtividade das plantas cultivadas (SILVA *et al.*, 2011).

Devido a variabilidade climática recorrente nas regiões semiáridas, há uma dificuldade de proporcionar o avanço das atividades econômicas como a agricultura, atividade fortemente dependente do recurso hídrico (SILVA *et al.*, 2017), tal evento, já se faz presente na região da Ibiapaba, como a ocorrência de diminuição no abastecimento da bacia hidrográfica, conseqüentemente, limita o uso de água para a agricultura irrigada. Por isso, a utilização da água de irrigação deve ser o mais eficiente possível, uma vez que este recurso está cada vez mais escasso em termos de quantidade e de qualidade, além disso fatores como a irregularidade das chuvas também precisam levar em conta no âmbito agrônômico, quando se trata da busca pela economia e utilização da água na agricultura (VIOL *et al.*, 2017).

A água de reservatórios subterrâneos na Ibiapaba (aquífero Serra Grande) é uma das fontes d'água para fins de irrigação na agricultura, notadamente no período de seca, porém normalmente os poços tubulares não são de elevadas vazões, além disso, precisam ser muito profundos para encontrar água, em determinadas áreas sendo essa profundidade superior a 170 m, para obter vazão média de $7 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, se tornando um fator limitante para a prática da irrigação na região (SRH, 2015). E, segundo Doorembos e Kassan (1986), a prática da irrigação é essencial à produção de pimentão, pois é uma das horticulturas sensíveis ao estresse hídrico.

Em pesquisa aventada por Souza *et al.* (2021), para determinar a evapotranspiração da cultura, o coeficiente de cultivo e a eficiência do uso da água para a produção de pimentão, cultivado sob dois compostos de solo em ambiente protegido, demonstraram que a demanda hídrica total do pimentão para o nível de adubação com 25% de esterco e 75% de solo (mistura) foi de 527,3 mm e para 40% de esterco e 60% de solo (mistura) foi de 395,7 mm, cujas produtividades médias foram de 4,95 t ha⁻¹ e 3,78 t ha⁻¹, respectivamente. Os autores reportam que os coeficientes de cultivo máximos e mínimos foram respectivamente 0,78 e 0,23 para 40% de esterco e 60% de solo; 1,02 e 0,34 para a mistura com 25% de esterco e 75% de solo e concluíram que ao usar 25% de esterco e 75% de solo, houve maior produtividade e uma satisfatória conversão de água em massa fresca do fruto.

É fundamental determinar a demanda hídrica da cultura em cada fase do seu desenvolvimento e as perdas para atmosfera pelo processo de evapotranspiração, com vistas a compreensão do uso eficiente da água, especialmente em regiões com limitações ao uso de água (ALBUQUERQUE *et al.*, 2012). Os coeficientes de cultivo (K_c) do pimentão, de acordo com Allen *et al.* (1998) para um ciclo de 125 dias, se comportam da seguinte forma: fase I – do transplântio ao início da floração = 0,40 (25 dias); fase II – do início da floração até floração plena = 0,70 (35 dias); fase III – da floração ao início da maturação = 1,05 (45 dias) e fase IV – da maturação até última colheita = 0,85 (20 dias), com isso, percebe-se que em cada fase fenológica a planta apresenta uma demanda hídrica diferente, portanto, essas informações são importantes para o manejo correto da irrigação. Depreende-se que para tal manejo via clima se faz necessário conhecer o consumo de água pelas culturas (ET_c), isto é, a lâmina de água aplicada ao solo na quantidade certa de modo que ocorra crescimento e produtividade de acordo com o potencial da planta cultivada (PEREIRA; VILA-NOVA; SEDIYAMA, 1997).

A deficiência de água no cultivo de pimentão tem limitado a obtenção de elevadas produtividades e qualidade dos frutos, em ambiente protegido e a campo aberto (CANTUÁRIO *et al.*, 2014). A necessidade hídrica total desta planta depende das condições climáticas e também da duração do ciclo, sendo estimada de 450 a 650 mm (MAROUELLI; SILVA, 2012). Na fase inicial de frutificação do pimentão a falta de água restringe a translocação de nutrientes (cálcio) e reduz a cobertura

foliar, tornando-o susceptível a doenças (podridão apical) e distúrbios fisiológicos (HARTZ *et al.*, 2008).

Segundo Liu *et al.* (2019), o método de irrigação por gotejamento tem adquirido notoriedade e vem sendo muito difundido em agricultura irrigada, especialmente em ambiente protegido. Este método de irrigação quando bem gerenciado terá eficiência no uso da água de até 90% (HANSEN, 2015), além disso, este método de suprimento hídrico associado a outras tecnologias poderá potencializar o uso eficiente da água nos cultivos em geral, com o uso dos polímeros hidrorretentores na agricultura (SANTOS *et al.*, 2022).

Quanto a eficiência do uso de água, Gordin (2018), usando minilímetros de pesagem para determinação da adequada lâmina de irrigação para o pimentão Rubia R cultivado em ambiente protegido, em Recife-PE, quantificou o valor de 1,5 kg m⁻³, por outro lado, Souza *et al.* (2021) encontraram valor máximo de eficiência do uso da água de 3,45 kg m⁻³ para a menor lâmina de irrigação correspondente a 95% da ETc.

Deste modo, é importante conhecer a demanda hídrica (por chuva e/ou irrigação) das culturas por diferentes estágios de crescimento e até seus rendimentos (DOORENBOS; KASSAM, 1994), cujo manejo profissional da irrigação, poderá ser incrementado com alternativas que possam diminuir a quantidade de água e/ou frequência de irrigação, como uso de polímeros hidrorretentores, de modo que os horticultores convivam com as adversidades no meio agrícola, haja visto, o baixo volume de água nas fontes (poços tubulares e outros).

Tendo em vista a sensibilidade do pimentão aos efeitos da irrigação (excesso ou falta de água), o sistema de irrigação recomendado para o seu cultivo é o por gotejamento (LOPES *et al.*, 2018). Porém, na região da Ibiapaba um dos fatores que afetam parcialmente a produtividade das culturas é a falta de água, por ocasião do baixo volume de águas subterrâneas e de outras fontes, em razão da irregularidade pluviométrica, bem como a falta de um manejo acertado da irrigação.

Sob condições de escassez de água, se faz necessário uma abordagem do uso de irrigação deficitária que diz respeito ao uso de menos água do que a quantidade necessária durante a fase de crescimento das plantas (PEREIRA *et al.*, 2002; ENGLISH *et al.*, 2002; GEERTS; RAES, 2009). O manejo da irrigação

deficitária é a aplicação de menos água do que a requerida pela evapotranspiração e rendimento máximo, resultando na conservação de água de irrigação limitada (ENGLISH *et al.*, 2002). Em condições de semiárido é importante o conhecimento pleno das necessidades hídricas das plantas cultivadas, principalmente em regiões onde há extensos veranicos e restrições de fontes de água para irrigação, a exemplo das áreas de transição (cinturão verde/carrasco) da Ibiapaba, portanto, sendo necessário recorrer ao manejo profissional da irrigação das áreas cultivadas.

Neste sentido, na Georgia Kabir *et al.* (2021), na primavera com ETo média de 288 mm, em solo franco arenoso coberto com filme plástico branco, aplicaram quatro tratamentos com diferentes níveis de irrigação: 33%, 67%, 100% e 133% da ETc do pimentão. No geral, os autores notaram que, em comparação com a irrigação de 100% da ETc, o nível de irrigação deficitário a 67% da ETc não teve impacto na produção e na qualidade dos frutos, apesar das reduções no estado hídrico das plantas, no crescimento das plantas e nas trocas gasosas foliares. A irrigação acima de 100% ETc não resultou no aumento do crescimento das plantas e da produção de frutos, portanto, a irrigação além deste nível pode não ser sustentável. Os autores concluíram que a irrigação de 67% da ETc foi associada à redução do estado hídrico das plantas, das trocas gasosas foliares e do crescimento das plantas, embora o rendimento de frutos comercializáveis a 67% da ETc tenha sido semelhante ao de 100% ETc e de 133% ETc no cultivo de pimentão. Portanto, há necessidade de se aumentar a eficiência do uso da água de irrigação, ou seja, a relação entre o rendimento das culturas e a água de irrigação aplicada, mas, seguir os procedimentos do manejo adequado, seja via clima ou via solo, para elevar a umidade do solo à capacidade de campo de modo que atenda a demanda hídrica da cultura para as características locais.

Atualmente, em tempo de escassez hídrica anunciada é preciso esforço para desenvolver um manejo mais profissional da irrigação como forma de aumentar o uso eficiente da água de irrigação e reduzir os custos com água de irrigação, sobretudo, pensar em economia de água, nesse caso, o uso da irrigação deficitária pode ser empregado associado com polímeros hidrorretentores, desde que não influencie negativamente no rendimento de culturas como pimentão.

2.4 Déficit hídrico

O déficit hídrico é o desabastecimento de água no sistema solo-água-planta-atmosfera, que afeta, aproximadamente, 45% das áreas agrícolas, restringindo em nível global a produtividade das plantas cultivadas (MADABULA *et al.*, 2016). Segundo Taiz *et al.* (2017), as plantas reagem aos efeitos do déficit hídrico com o fechamento estomático, menor área foliar, antecipação da senescência e abscisão das folhas. Portanto, fazendo o uso eficiente da água para a próxima fase fenológica como mecanismo de adaptação.

O déficit hídrico controlado como redução do abastecimento de água para melhorar a eficiência do uso da água, sem afetar o desenvolvimento da planta e a produtividade, atualmente é assunto bastante discutido (YANG *et al.*, 2017), contudo, ainda carece de aprimoramento. É importante o conhecimento técnico sobre as necessidades hídricas das plantas cultivadas, associado a um melhor entendimento de como as condições ambientais interferem nos agrossistemas, no sentido de ampliar as possibilidades do manejo profissional da irrigação (PEREIRA *et al.*, 2019). Alternativamente, a irrigação deficitária se apresenta como um desafio para atender aos requisitos fisiológicos das plantas cultivadas (MANCOSU *et al.*, 2015) e ao mesmo tempo garantir o potencial produtivo das mesmas. Saliente-se que a irrigação deficitária para reduzir o uso de água para irrigação e sem reduzir os lucros dos produtores surgiu há bastante tempo (ENGLISH *et al.*, 2002).

Savic *et al.* (2011) examinaram a irrigação deficitária regulada em duas cultivares de tomateiro de estufa (Cedrico e Abellus F1) em solo argiloso e verificaram que a ETc era 47% inferior à rega total para o Cedrico, mas era 41% inferior para o Abellus F1. Isto reflete que diferentes cultivares da mesma cultura respondem de forma diferente à mesma estratégia de irrigação deficitária e, por conseguinte, a seleção de cultivares pode desempenhar um papel importante na aplicação de tal estratégia. Por outro lado, Kabir *et al.* (2021) encontraram resultados mostrando que a irrigação entre 67% e 100% da ETc é suficiente para possibilitar uma produção aceitável de frutos comercializáveis. Embora o pimentão normalmente exija um elevado teor de água no solo para uma ótima produção e qualidade dos frutos (DALLA-COSTA; GIANQUINTO, 2002), um estudo anterior

relata que o regime de irrigação de 50%, 60% e 70% da ETc podem produzir rendimentos semelhantes aos de 100% da ETc (DÍAZ-PEREZ; HOOK, 2017).

Chen *et al.* (2013) demonstraram que a produtividade da cultura do tomate em estufa não foi significativamente reduzida com 66% da irrigação deficitária aplicada na fase de plântula. Cujas perdas de produtividade foram de apenas 7% comparadas com a irrigação plena em solo arenoso. A eficiência do uso da água de irrigação aumentou significativamente em 45% sob condições de déficit hídrico, particularmente quando o volume de irrigação fornecido foi projetado para atender 75% da ETc (AGBNA *et al.* 2017). Bogale *et al.* (2016) relataram que a redução de rendimento da cultivar de tomate Cochoro foi de 35% sob um regime de 50% da ETc, mas resultou em uma melhoria de 19% na eficiência do uso da água (EUA), enquanto a redução de rendimento foi de 25% para a cultivar Matina e resultou em 35% de melhoria na EUA. Estas observações verificam ainda que, se a mesma cultura for cultivada com diferentes cultivares, as respostas em termos de rendimento e de EUA podem ser diferentes, mesmo que o tipo de solo e a estratégia de irrigação deficitária sejam os mesmos.

Por outro lado, Pereira *et al.* (2019) relataram que as plantas de pimentão apresentaram maiores valores de área foliar quando mantidas sob déficit hídrico nas tensões de 35 a 45 kPa de água no solo associadas a indutor de resistência em suas folhas. Ressalte-se que uma ligeira diminuição nos rendimentos pode ser permitida com o uso de irrigação deficitárias (FATHI; TARI, 2016), mas a água economizada em operações com irrigação deficitária irá compensar as perdas de rendimentos das culturas (ENGLISH *et al.*, 2002). Pois de acordo com García-Garizábal *et al.* (2017), a melhoria na eficiência da irrigação pode atingir até 80%, com apenas um ligeiro aumento no déficit hídrico, de acordo com simulações realizadas na região do Mediterrâneo.

O déficit hídrico além de influenciar negativamente à produção agrícola, reflete diretamente na qualidade dos frutos, assim, seus efeitos devem ser relacionados com a época e a intensidade (CHEN *et al.*, 2013), uma vez que a água é um dos insumos de fundamental importância no desenvolvimento das plantas cultivadas. No caso do pimentão, a sensibilidade é mais expressiva nas fases de floração e de desenvolvimento dos frutos (KATERJI *et al.*, 1993). Portanto, como o pimentão é diretamente afetado pela falta de água, na fase inicial de frutificação

limita a translocação dos nutrientes (cálcio) e na fase de floração provoca redução do pegamento dos frutos (SOUSA *et al.*, 2011; SEZEN *et al.*, 2015). Ademais, segundo Taiz *et al.* (2017), o déficit hídrico além de limitar o crescimento das plantas, limita outras funções na planta como a expansão celular.

Por conseguinte, alternativas para o seu manejo como a averiguação dos níveis de tolerância das plantas ao déficit hídrico sem que haja prejuízos agronômicos e econômicos são necessárias para permitir a continuidade da produção de alimentos com economia de água e de forma racional. Alguns autores como González-Dugo, Orgaz e Fereres (2007) recomendam fazer a irrigação deficitária nas fases fenológicas menos sensíveis ao déficit hídrico de modo que o pimentão não sofra estresse hídrico durante a floração e formação de frutos. Deste modo, Padrón *et al.* (2015a), em pesquisa sobre lâminas e frequências de irrigação em pimentão, observaram altura máxima de 91,5 cm, no nível de 60% da ET_c, utilizando irrigação diária. Acrescente-se aqui, a eficiência do uso da água, como reportou Matos Filho *et al.* (2020), pois a melhor eficiência do uso da água foi obtida no nível de 75% da ECA, com produção de 3,93 kg m⁻³ de água.

Quanto aos métodos de avaliação e/ou monitoramento do déficit hídrico ainda são os tradicionais, os quais, partem de medições diretas do conteúdo de água no solo e medição direta e indireta de variáveis fisiológicas da planta, por meio da condutância estomática e potencial hídrico foliar (IHUOMA; MADRAMOOTOO, 2017). Porém, estes métodos demandam tempo na obtenção dos resultados, carecem de mão de obra e são de alto custo, ademais, não levam em consideração a variabilidade do solo e das plantas cultivadas (LI *et al.*, 2010).

2.5 Uso e efeito de polímeros hidrorretentores na agricultura

Os polímeros superabsorventes são denominados de hidroabsorventes, hidrorretentores, hidrogel, gel entre outros. Os hidrogéis são redes poliméricas tridimensionais elásticas que se expandem quando absorvem água, intrinsecamente (KAEWPIROM; BOONSANG, 2006; LIANG *et al.*, 2007), os quais podem atuar como reguladores da disponibilidade de água no solo e reduzir o consumo de água na produção agrícola. De acordo com Kumari *et al.* (2023), os polímeros aumentam a capacidade de retenção de água e também de agregação

das partículas em solos arenosos, no entanto, há necessidade de aperfeiçoar estudos que reportam a sua eficácia, principalmente em olerícolas.

Desenvolvidos sinteticamente na década de 50 nos Estados Unidos, cuja capacidade de retenção de água na época era de aproximadamente 20 vezes a sua massa, posteriormente, foi melhorada para 400 vezes pelos britânicos na década de 80 (AZEVEDO *et al.*, 2002) e, atualmente, após hidratação absorve até 1.600 vezes o seu peso original (SURESH *et al.*, 2018). Assim, os polímeros podem ser utilizados no manejo agrícola, com vistas a economia de água no processo de irrigação, principalmente em regiões que apresentam escassez e/ou baixa demanda hídrica na superfície ou na subsuperfície. Deste modo, é necessário o desenvolvimento de estratégias para otimizar a utilização dos recursos hídricos nas regiões áridas e semiáridas (SATRIANI *et al.*, 2018), haja visto que o uso de polímeros naturais na cultura do tomate sob escassez de água, melhorou a eficiência do uso da água (WUE) do tomate (AHMED; FAHMY, 2019). Por isso, Mahalleh *et al.* (2011) relataram que hidrogéis com alta capacidade de retenção de água podem reduzir os efeitos negativos do estresse por déficit hídrico nas plantas.

Os polímeros hidrorretentores são normalmente comercializados na forma sintética, ou seja, derivados do petróleo, mas podem ser de origem natural, derivados do amido (NAVROSKI *et al.*, 2014). Possuem forma granular de coloração branca quando não hidratados, após absorção da água se transformam em gel transparente e são biodegradados nos solos.

Vários pesquisadores como Yazdani *et al.* (2007), Zohuriaan-Mehr e Kabiri (2008) e Bai *et al.* (2013) estudaram os efeitos do hidrogel na agricultura (germinação de sementes, crescimento e nutrição, além de produção de espécies agrícolas). Os hidrogéis são formados por moléculas de constituição química diversas, que apresentam entre 30 e 50% de carbono (C), de 4 a 30% de hidrogênio (H) e até 19% de nitrogênio (N), uma relação C/N variando de 2,5 a 4,7 (SMAGIN; SADOVNIKOVA; SMAGINA, 2014), além disso, auxilia na disponibilidade de água no solo.

Quanto ao crescimento de plantas, El-Idrissi *et al.* (2023), testando três regimes hídricos (30, 70 e 100% da irrigação necessária) e o uso do hidrogel superabsorvente com a cultura do tomate em estufa demonstraram que o estresse hídrico e os níveis de hidrogel aplicados afetaram as variáveis de crescimento,

como altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, teor de clorofila, massa fresca e massa seca em comparação com os tratamentos sem polímero superabsorvente. Portanto, o hidrogel mostra benefícios agrônômicos relevantes sob déficit hídrico, retendo mais água, assim, com potencial para serem usados na agricultura para uma melhor gestão da água.

A utilização de hidrogéis na agricultura é uma estratégia interessante para o manejo da água e do solo, uma vez que possuem características de condicionadores de solo contribuindo para aumentar o armazenamento de água no solo, reduzindo a frequência de irrigação (VENTUROLI; VENTUROLI, 2011), sendo úteis principalmente em situações de escassez hídrica, otimização do uso de água, redução dos custos com energia elétrica por ocasião da irrigação e economia de água. Navroski *et al.* (2014) acrescentam que a adição de polímeros hidrorretentores ao solo melhora o crescimento de plantas e o desenvolvimento do sistema radicular, reduz as perdas de água por percolação, ademais, promove boa aeração e drenagem do solo, podendo reduzir também as perdas de nutrientes por lixiviação. Portanto, os hidrogéis são uma forma de aumentar a disponibilidade de água e a eficiência do uso da água (EL-ASMAR *et al.*, 2017).

Os polímeros hidrorretentores têm aplicabilidade nas áreas irrigadas e de sequeiro, particularmente para situações de baixa disponibilidade de água no solo, ou seja, circunstâncias de veranicos e de déficit hídrico, ocasiões em que tais fenômenos afetam negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas cultivadas (AZEVEDO *et al.*, 2002). No Brasil são utilizados na produção de frutas, hortaliças e mudas de diversas espécies, na formação de gramados em jardins, até mesmo em campos de futebol e de golfe (MENDONÇA *et al.*, 2013).

Sobre os efeitos das doses de hidrogel, Baran *et al.* (2015) obtiveram incremento de até 69% na capacidade máxima de água absorvida na mistura hidrogel/solo com o aumento nas doses do produto. Oliveira *et al.* (2004), avaliando a influência do hidrogel na retenção de água em dois solos de texturas diferentes (franco-argilo-arenoso e argiloso), observaram que a dose de hidrogel de 2 g kg⁻¹ de solo aumentou a umidade em 40% e 35%, para as respectivas texturas, em relação ao tratamento sem hidrogel, e ainda aumentou a disponibilidade total de água em 125% para o solo franco-argilo-arenoso e 135% para o solo argiloso.

Na literatura há estudos demonstrando que a utilização de polímeros hidrorretentores influenciam no rendimento das culturas e diminui o total de irrigação estabelecida, notadamente para solos de textura arenosa, pois de acordo com Oliveira *et al.* (2004), tal fato se deve a ocorrência maior retenção de água no solo, principalmente nas tensões maiores. Já Ahmed e Fahmy (2019), ao estudarem a aplicação de polímero hidroabsorvente para superar a escassez de água no rendimento e na qualidade dos frutos de tomate, observaram que aumento do rendimento foi registrado quando se aplicaram polímero sob irrigação total (100% da capacidade de campo), cujo aumento atingiu 13,7; 14,7 e 20,5% em comparação com a ausência de polímeros e 2,2; 3,8 e 5,4% sob escassez de irrigação (75% da capacidade de campo) em comparação com o controle sem polímeros (100% da capacidade de campo). Assim, uma das práticas agrícolas modernas para prevenir a perda de água e aumentar a eficiência da irrigação é o uso de polímeros que economizam água, como hidrogéis superabsorventes (ZHAO *et al.*, 2022).

Estudo com uso de polímero no cultivo de milho (*Zea mays* L.) realizado por Islam *et al.* (2011), no norte da China, demonstraram que houve aumento significativo para altura de planta, diâmetro caulinar, área foliar, acúmulo de biomassa, teor de água relativo, proteínas e amido no grão de milho, além disso, houve também aumento na produção.

De fato, confirmam-se os efeitos dos hidrogéis na germinação das sementes, emergência e crescimento de plântulas e aumento do volume de raízes, por influenciarem positivamente sobre os atributos físicos como agregação do solo e estabilidade dos agregados, porosidade e umidade, aumentando a absorção de água e nutrientes pelas plantas (SOJKA *et al.*, 2007; EKEBAFE; OGBEIFUN; OKIEMEN, 2011). Contudo, ainda carece de informações científicas quanto ao uso e efeitos dos polímeros hidrorretentores no crescimento e no desenvolvimento de olerícolas relacionados aos diferentes regimes hídricos e aos processos físico-hídricos do solo.

Portanto, de acordo com Santos *et al.* (2022), o uso de hidrogel na agricultura irrigada pode ser uma técnica esperançosa para potencializar o uso eficiente da água. Os autores sugerem mais estudos no sentido de desenvolver metodologias apropriadas quanto a definição de doses adequadas. Em pesquisa realizada por

Albalasmeh *et al.* (2022) com hidrogel em solo arenoso e franco-arenoso cultivado com milho (*Zea mays*) em vaso dentro de estufa usando quatro concentrações de hidrogel de 0, 0,25, 0,5 e 1% (p/p), na Jordânia, os autores observaram maior altura do milho (155,2 cm) em solo franco arenoso na concentração de 0,5% (p/p); já no solo arenoso, o milho apresentou altura de 93,4 cm para 1,0% de hidrogel, da mesma forma, os pesos fresco e seco e o diâmetro do caule aumentaram com o aumento das taxas de aplicação de hidrogel. Além disso, os autores reportam que a eficiência da utilização da água aumentou de 13% para 41% para solos arenosos e de 35% para 67% para solos franco-arenoso.

Por outro lado, no Sul da Índia em solos arenosos Jnanesha *et al.* (2021), testando o efeito de diferentes doses de hidrogel sobre o crescimento e o rendimento da sene (*Cassia angustifolia* Vahl.), uma das culturas de exportação para exportação da família Fabaceae, observaram que a aplicação de 3.000 g de hidrogel por hectare resultou em um aumento significativo na produção de folhas e de vagens (2.324,7 kg ha⁻¹ e 675,7 kg ha⁻¹, respectivamente) em comparação ao controle. Os autores relatam ainda que ao aplicar 3.000 g de hidrogel, a eficiência do uso da água e a capacidade de retenção de água do solo melhoram significativamente (5,55 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 50,12% e 20,28%, respectivamente).

Neste sentido, acrescenta-se ainda que é interessante conhecer os efeitos do polímero hidrorretentores sobre olericultura em diferentes ambientes de cultivo e em solos de textura arenosa.

3. REFERÊNCIAS

- ABCSEM. **Pesquisa de mercado de sementes de hortaliças 2007**. 2007. Disponível em <http://www.abcsem.com.br/docs/pesquisa_mercado_2007.pdf>. Acesso em: 24/10/2023
- AGBNA, G. H.; DONGLI, S.; ZHIPENG, L.; ELSHAIKH, N.A.; GUANGCHENG, S.; TIMM, L. C. Effects of deficit irrigation and biochar addition on the growth, yield, and quality of tomato. **Science Horticulture**. 222, p. 90–101, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.05.004>.
- AGOSTINI-COSTA, T. S., GOMES, I. S., MELO, L. A. M. P., REIFSCHEIDER, F. J. B., RIBEIRO, C. S. C. Carotenoid and total vitamin C content of peppers from selected Brazilian cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, 57, 73-79, 2017.
- AHMED, S. S.; FAHMY, H. A. Applications of natural polysaccharide polymers to overcome water scarcity on the yield and quality of tomato fruits. **Journal of Soil Science and Agricultural Engineering**, v. 10 (4): 199 – 208, 2019.
- ALBALASMEH, A. A.; MOHAWESH, O.; GHARAIBEH, M. A.; ALGHAMDI, A. G.; ALAJLOUNI, M. A.; ALQUDAH, A. M. Effect of hydrogel on corn growth, water use efficiency, and soil properties in a semi-arid region. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**. v. 21, n. 8, p. 518-524, 2022.
- ALBUQUERQUE, F. S., SILVA, Ê. F. F., BEZERRA NETO, E., SOUZA, A. E. R., SANTOS, A. N. Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 681-687, 2012.
- ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, Ê. F. F.; FILHO ALBUQUERQUE, J. A. C.; LIMA, G. S. Necessidade hídrica e coeficiente de cultivo do pimentão fertirrigado. **Irriga**, v. 17, n. 4, p. 481-493, 2012.
- ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M. **Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements**. Roma
- AMOR, F. M., CUADRA-CRESPO, P. Plant growth-promoting bacteria as a tool to improve salinity tolerance in sweet pepper. **Functional Plant Biology**, v. 39, p. 82-90, 2012.
- ARAGÃO, V. F., FERNANDES, P. D., GOMES FILHO, R. R., CARVALHO, C. M., FEITOSA, H. O., FEITOSA, E. O. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 6: 207-216, 2012.
- AZEVEDO, T. L. F., BERTONHA, A., GONÇALVES, A. C. A., FREITAS, P. S. L., RESENDE, R., FRIZZONE, J. A. Níveis de polímero superabsorvente, frequência

de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientarum**, v. 24, n. 5, p. 1239-1243, 2002.

BABELLAHI, F., PALIWAL, J., ERKINBAEV, C., AMODIO, M. L., CHAUDHRY, M. M. A., COLELLI, G. Early detection of chilling injury in green bell peppers by hyperspectral imaging and chemometrics. **Postharvest Biology and Technology**, 162, 111100. 2020, doi:10.1016/j.postharvbio.2019.111100

BAI, W., SONG, J., ZHANG, H. Repeated water absorbency of superabsorbent polymers in agricultural field applications: A simulation study. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 63, n. 5, p. 433-441, 2013.

BARAN, A., ZALESKI, T., KULIKOWSKI, E., WIECZOREK, J. Hydrophysical and biological properties of sandy substrata enriched with hydrogel. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 24, n. 6, p. 2355-2362, 2015.

BATAL, K. M., SMITTLE, D. A. Response of bell pepper to irrigation, nitrogen and plant population. **Jornal of the American Society Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 106, n. 3, p. 259-262, 1981.

BERALDO, J. M. G., CORA, J. E., FERNANDES, E. J. Measurement systems of soil water matric potential and evaluation of soil moisture under different irrigation depth, **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 3, p. 467-478, 2012.

BLAT, S. F., BRAZ, L. T., ARRUDA, A. S. Avaliação de híbridos duplos de pimentão. **Horticultura brasileira**, 25: 350-354, 2007.

BOGALE, A.; NAGLE, M.; LATIF, S.; AGUILA, M.; MÜLLER, J. Regulated deficit irrigation and partial root-zone drying irrigation impact bioactive compounds and antioxidant activity in two select tomato cultivars. **Science Horticulture**, 213, p. 115–124, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.10.029>.

BOUDET, A. A., CHINCHILLA, C. V. E., BOICET, F. T., GONZÁLEZ, G. G. Efectos de diferentes dosis de abono orgánico tipo bocashi en indicadores morfológicos y productivos del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) var. California Wonder. **Centro Agrícola**, v. 42, n.4, p. 5-9, 2015.

CANTUÁRIO, F. S., LUZ, J. M. Q., PEREIRA, A. I. A., SALOMÃO, L. C., REBOUÇAS, T. N. H. Podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão submetidos a estresse hídrico e doses de silício. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 215-219, 2014.

CARRIJO, O. A., MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação na produção de hortaliças em cultivo protegido. **Horticultura brasileira**, v. 20, 2002. Suplemento.

CARVALHO, J. A., REZENDE, F. C., OLIVEIRA, E. C., AQUINO, R. F. Pimentão cultivado em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 3, n. 3, p. 236-245, 2016. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v24i3.670>

CARVALHO, J. E., ZANELLA, F., MOTA, J. H., LIMA, A. L. S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface cv. Regina, em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 935-939, 2005.

CASALI, V. W. D., COUTO, F. A. A. **Origem e botânica de *Capsicum***. Inf. Agropecuário, v. 10, n. 113, p. 8-10, 1984.

CASTELLÓN-MARTÍNEZ, E., CARILLO-RODRIGUEZ, J. C., CHAVEZ-SERVIA, J. L., VERA-GUZMÁN A. M. Variación fenotípica de morfotipos de Chile (*Capsicum annuum* L.) nativo de Oaxaca, México. *Phyton*, **Revista Internacional de Botánica**, 83: 225-236, 2014.

CHANG, J., WU, X., WANG, Y., MEYERSON, L. A., GU, B., MIN, Y., XUE, H., PENG, C., GE, Y. Does growing vegetables in plastic greenhouses enhance regional ecosystem services beyond the food supply?. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 2013; doi:10.1890/100223

CHEN, J. K., DU, T., QIU, R., GUO, P., CHEN, R. Quantitative response of greenhouse tomato yield and quality to water deficit at different growth stages. **Agricultural Water Management**, v. 129, n.1, p. 152- 162, 2013.

COELHO, M.E.H., FREITAS, F.C.L., CUNHA, J.L.X.L., SILVA, K.S., GRANGEIRO, L.C., OLIVEIRA, J.B. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 369-378, 2013.

COSTA, C. M. F., SEABRA JÚNIOR, S., ARRUDA, G. R., SOUZA, S. B. S. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 93-102. 2011.

DALLA COSTA, L.; GIANQUINTO, G. Water stress and watertable depth influence yield, water use efficiency, and nitrogen recovery in bell pepper: lysimeter studies. **Aust. J. Agric. Res.**, V. 53, 201–210, 2002. <https://doi.org/10.1071/AR00133>.

DÍAZ-PÉREZ, J. C.; HOOK, J. E. Plastic-mulched bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plant growth and fruit yield and quality as influenced by irrigation rate and calcium fertilization. **HortScience**, v. 52, 774–781, 2017. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI1183017>.

DOORENBOS, J., KASSAM, A. H. **Yield Response to Water, Irrigation and Drainage**, Paper 33. FAO, 1986.

DOORENBOS, J., KASSAM, R. M. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: FAO, 1994. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33).

EKEBAFE, L. O., OGBEIFUN, D. E., OKIEIMEN, F. E. Polymer applications in agriculture. **Biokemistri**, v. 23, n. 2, p. 81-89, 2011.

EL-ASMAR, J., JAAFAR, H., BASHOUR, I., FARRAN, M.T., SAOUD, I. P. Hydrogel banding improves plant growth, survival, and water use efficiency in two calcareous soils. **Clean – Soil, Air, Water** 45, 1–9, 2017. <https://doi.org/10.1002/clen.201700251>.

EL-IDRISSI, A.; DARDARI, O.; METOMO, F. N. N.; ESSAMLALI, Y.; AKIL, A.; AMADINE, A.; ABOULHROUZ, A.; ZAHOUILY, M. Effect of sodium alginate-based superabsorbent hydrogel on tomato growth under different water deficit conditions. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 253, Part 5, 127229, 2023.

ENGLISH, M. J., SOLOMON, K. H., HOFFMAN, G. J. A Paradigm Shift in Irrigation Management. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, 128(5), 267–277, 2002.

FAO, Food and agriculture organization. Statistics Division. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/es/#data>>. Acesso em 15 de jul. de 2021.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2013. 421 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 421 p.

GARCIA FILHO, E., NAKATANI, J. K., PINTO, M. J. A., NEVES, M. F., CASERTA, P. G., KALAKI, R. B., GERBASI, T. **Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva das hortaliças**. Brasília, DF: Confederação Nacional da Agricultura: Abcsem, 2017. 79 p.

GARCÍA-HERNÁNDEZ, S. A., MARÍN-SÁNCHEZ, J., ROMERO-MÉNDEZ, M., HERNÁNDEZ-PÉREZ, C., LÓPEZ-AGUIRRE, S. Productive and quality response of six varieties of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to organic fertilization in Guadalzacar, S.L.P. **Revista Bio Ciencias**, v. 7, e743, 2020.

GARCÍA-GARIZÁBAL, I; CAUSAPÉ, J; MERCHÁN, D. Evaluation of alternatives for flood irrigation and water usage in Spain under Mediterranean climate. **Catena** 155: 127-134, 2017.

GAZQUEZ, R. **Manejo del pimiento em cultivo sin suelo**. ETIFA-Escuela Tecnológica de Investigación e Formación Agrícola, Espanã, Almeria, 7 p. 2006.

GEERTS, S., RAES, D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. **Agricultural Water Management**, 96(9), 1275–1284, 2009. doi:10.1016/j.agwat.2009.04.009

GONG, X.; QIU, R.; SUN, J.; GE, J.; LI, Y.; WANG, S. Evapotranspiration and crop coefficient of tomato grown in a solar greenhouse under full and deficit

irrigation. **Agricultural Water Management**, 235, 106154, 2020.
doi:10.1016/j.agwat.2020.106154

GONZÁLEZ-DUGO, V., ORGAZ, F., FERERES, E. Responses of pepper to deficit irrigation for paprika production. **Scientia Horticulturae**, v 114(2), p.77-82, 2007.

GORDIN, L. C. **Manejos e frequências de irrigação para a cultura do pimentão Rubia R. em ambiente protegido**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2018.

GOTO, R.; ROSSI, F. **Cultivo de Pimentão em Estufas – Manual N°095**. Viçosa: CPT, 1997. 66 p.

HANSEN, J. **As vantagens e desvantagens dos sistemas de irrigação para gramados e jardins**. Goiânia, 2015. Disponível em: <https://irrigacao.net/as-vantagens-e-desvantagens-do-sistema-irrigacao-por-pivo-central/>. Acesso em: 15 dez. 2022

HARTZ, T. K., CANTWELL, M., LESTRANGE, M., SMITH, R. F., AGUIAR, J., DAUGOVISH, O. **Bell pepper production in California**. Oakland: University of California. 4p, 2008. (Vegetable Production Series. Publication, 7217).

HERNÁNDEZ-PÉREZ, T., GÓMEZ-GARCÍA, M. D. R., VALVERDE, M. E., PAREDES-LÓPEZ, O. *Capsicum annum* (hot pepper): an ancient Latin-American crop with outstanding bioactive compounds and nutraceutical potential. A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. 1-22, 2020.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12634>

HFBRASIL, Hortifrut/CEPEA. HORTIFRUTI/CEPEA: **Principais características do pimentão no BR**. Revista HF Brasil, Piracicaba, 20/09/2017. Disponível em:< <https://www.hfbrasil.org.br/br/hortifruti-cepea-principais-caracteristicas-do-pimentao-no-br.aspx>>. Acesso em: 15 de jul. de 2021.

HOCHMUTH, G. J. **Fertilization of pepper in Florida**. Gainesville: University of Florida: IFAS Extension, 2003. 10 p. (Circular, 1168).

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2016** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006.pdf>. Acesso em: 15 de jul. de 2021.

IHUOMA, S.O.; MADRAMOOTOO, C.A. Recent advances in crop water stress detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, n.141, p. 267–275, 2017.

ISLAM, M. R., ZENG, Z., MAO, J., ENEJI, A. E., XUE, X., HU, Y. Feasibility of summer corn (*Zea mays* L.) production in drought affected areas of northern China using watersaving superabsorbent polymer. **Plant, soil and Environment**, v. 57, n. 6, p. 279-285, 2011.

JNANESHA, A. C.; KUMAR, A.; LAL, R. K. Hydrogel application improved growth and yield in Senna (*Cassia angustifolia* Vahl.). **Industrial Crops and Products**. v. 174, n.15, e114175, 2021.

KABIR, M.Y.; NAMBEESAN, S. U.; BAUTISTA, J.; DÍAZ-PÉREZ, J. C. Effect of irrigation level on plant growth, physiology and fruit yield and quality in bell pepper (*Capsicum annuum* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 281, 109902, 2021.

KAEWPIROM, S., BOONSANG, S. Electrical response characterization of poly (ethylene glycol) macromer (PEGM)/chitosan hydrogels in NaCl solution. **European Polymer Journal**, v. 42, n. 7, p.1609-1616, 2006.

KATERJI, N., MASTRORILLI, M., HAMDY, A. Effects of water stress at diferente growth stages on pepper yield. **Acta Horticulturae** 335: 165-171, 1993.

KUMARI, D., PRAJAPAT, G., GOYAL, S., AGRAWAL, A. Modification of desert sand to soil using polymers for its agricultural potential. **Journal of Arid Environments**, v. 209, 104899, 2023.

LI, L.; NIELSEN, D. C.; YU, Q.; MA.; AJUHA, L. R. Evaluating the Crop Water Stress Index and its correlation with latent heat and CO₂ fluxes over winter wheat and maize in the North China plain. **Agric. Water Manag.**, v. 97, n. 8, p.1146–1155, 2010.

LIANG, R., LIU, M., WU, L. Controlled release NPK compound fertilizer with the function of water retention. **Reactive and Functional Polymers**, v. 67, n. 9, p. 769-779, 2007.

LIU, H.; LI, H.; NING, H.; ZHANG, X.; LI, S.; PANG, J.; GUANGSHUAI, W.; SUN, J. Optimizing irrigation frequency and amount to balance yield, fruit quality and water use efficiency of greenhouse tomato. **Agricultural Water Management**, v. 226, n. 20. p. e105787, 2019.

LOPES, S. M., ALCANTRA, E., REZENDE, R. M., FREITAS, A, S. Avaliação de frutos de pimentão submetidos ao ensacamento no cultivo orgânico. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, p. 1-11, 2018.
<http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v16i1.4922.g10951103>

LORENZONI, M. Z., SOUZA, A. H. C., SERON, C. C., RESENDE, R., HERNANDES, P. E. P., ANDREAN, A. F. B. A. Produção de pimentão fertirrigado sob diferentes níveis de nitrogênio e potássio em ambiente protegido. In: IX Encontro Internacional de produção científica - EPCC, 2015, Maringá. **Anais...** Maringá: UniCesumar, 2015. n. 9, p. 4-8. Disponível em: <<http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/2848>> Acesso em: 21 jul. 2021.

LV, H., LIN, S., WANG, Y., LIAN, X., ZHAO, Y., LI, Y., DU, J., WANG, Z., WANG, J., BUTTERBACH-BAHL, K. Drip fertigation significantly reduces nitrogen leaching in solar greenhouse vegetable production system, **Environmental Pollution**, 245, 694-701, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.11.042>.

MADABULA, F. P., SANTOS, R. S., MACHADO, N. P. C., KRUGER, M. M. M.; LUCIANO, C., SOUSA, R. O., OLIVEIRA, A. C. R. genotypes for drought tolerance: morphological and transcriptional evaluation of auxin-related genes. **Bragantia**, v.75, p. 428-434, 2016.

MAHALLEH, J.K.; ABAD, H.H.S.; NOURMOHAMMADI, G.; VALIZADEGAN, F.; HARAVANI, E.; DARVISH, E. Effect of superabsorbent polymer (Tarawat A200) on forage yield and qualitative characters in corn under deficit irrigation condition in Khoy Zone (Northwest of Iran). **Adv. Environ. Biol.**, p. 2579-2588, 2011.

MANCOSU, N., SNYDER, R. L., KYRIAKAKIS, G., SPANO, D. Water scarcity and future challenges for food production. **Water** 7: 975-992, 2015.

MARQUELLI, W. A., SILVA, W. L. C. Irrigação na cultura do pimentão. Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 101, ed.1, p.20, 2012. Disponível em: <[https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/925496/1/1033CT101Pro va20120312.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/925496/1/1033CT101Pro%20va20120312.pdf)>. Acesso em: 14 de jul. de 2021.

MARQUELLI, W. A., SILVA, W. L. C. **Irrigação e fertirrigação na cultura do pimentão**. In: SOUSA, V. F., MARQUELLI, W. A., COELHO, E. F., PINTO, J. M.,

COELHO FILHO, M. A. (Eds.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap. 25, p. 697-714.

MARQUELLI, W. A., SILVA, W. L. C., SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. Ed. Brasília, DF: Embrapa-CNPQ, 1996, 72 p.

MARTINEZ, L. P. G., TAVARES, S. P., CARVALHO, F. I. R., BORGES, P. R. S., SOARES, R. G. **Boas práticas agrícolas**: na produção de pimentão. Brasília: Emater-DF, 2016. 39p.

MELO, H. F., SOUZA, E. R., DUARTE, H. H. F., CUNHA, J. C., SANTOS, H. R. B. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 38-43, 2017.

MENDONÇA, T. G., URBANO, V. R., PERES, J. G., SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

MOREIRA, S. O. **Caracterização morfológica e molecular de pré-cultivares de *Capsicum annuum* L. com resistência à mancha-bacteriana**. 2012. 124 f. Dissertação (Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos Goytacazes, 2012.

MORTATE, R. K., ARAÚJO, M. M., LIMA, M. W. P., BINOTTI, F. F. S. Resposta de mudas de pimentão submetidas à diferentes reguladores vegetais via foliar. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 57-64, 2018.

NASCIMENTO, I. B., MEDEIROS, J. F., ALVES, S. S. V., LIMA, B. L. C., SILVA, J. L. A. Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. **Agropecuária Científica do Semiárido**, v.11, p.37-43, 2015.

NAVROSKI, M. C., ARAÚJO, M. M., CUNHA, F. S., BERGHETTI, A. L. P., PEREIRA, M. O. Influência do polímero hidroretentor na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus dunnii* sob diferentes manejos hídricos. **Nativa**, v. 02, n. 02, p. 108-113, 2014.

NI, B., ZHANG, W., XU, X., WANG, L., BOL, R., WANG, K., HU, Z., ZHANG, H., MENG, F. Exponential relationship between N₂O emission and fertilizer nitrogen input and mechanisms for improving fertilizer nitrogen efficiency under intensive plastic-shed vegetable production in China: A systematic analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 312(1), 2021. 107353.
doi:10.1016/j.agee.2021.107353

OLIVEIRA, F. A., DUARTE, S. N., MEDEIROS, J. F., DIAS, N. S., OLIVEIRA, M. K. T., SILVA, R. C. P., LIMA, K. S. Nutrição mineral de plantas submetido a diferentes manejos de fertirrigação. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 216-223, 2015.

OLIVEIRA, M. I. V., PEREIRA, E. M., PORTO, R. M., LEITE, D. D. F., FIDELIS, V.R.L., MAGALHAES, W. B. Avaliação da qualidade pós-colheita de hortaliças tipo fruto, comercializadas em feira livre no município de Solânea-PB, Brejo Paraibano. **Revista Agropecuária Técnica**, 37 (1), 13-16, 2016.

OLIVEIRA, R. A., REZENDE, L. S., MARTINEZ, M. A., MIRANDA, G. V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, p. 160-163, 2004.

PALANGANA, F. C., SILVA, E. S., GOTO, R., ONO, E. O. Ação conjunta de citocinina, giberelina e auxina em pimentão enxertado e não enxertado sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, 30, 751-755, 2012.

PEREIRA, A. I. A., GUIMARÃES, J. J., COSTA, J. V., CANTUÁRIO, F. S., SALOMÃO, L. C., OLIVEIRA, R. C., LUZ, J. M. Q. Growth of sweet pepper plants submitted to water tensions in soil and potassium silicate doses. **Horticultura Brasileira**, 37, p. 082-088, 2019.

PEREIRA, A.R., VILLA NOVA, N.A., SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba, SP: FEALQ, 1997. 183 p.

PEREIRA, L. S., OWEIS, T., ZAIRI, A. Irrigation management under water scarcity. **Agricultural Water Management**, 57(3), 175–206, 2002.
doi:10.1016/s0378-3774(02)00075-6

PEREIRA, T. S., LOBATO, A. K. S., TAN, D. K. Y., COSTA, D. V. D., UCHÔA, E. B., FERREIRA, R. N., PEREIRA, E. S., ÁVILA, F. W., MARQUES, D. J; GUEDES, E. M. S. Positive interference of silicon on water relations, nitrogen metabolism, and osmotic adjustment in two pepper (*Capsicum annuum*) cultivars under water deficit. **Australian Journal of Crop Science** 7: 1064-1071, 2013.

PEREIRA, A. I. A., GUIMARÃES, J. J., COSTA, J. V., CANTUÁRIO, F. S., SALOMÃO, L. C., OLIVEIRA, R. C., LUZ, J. M. Q. Growth of sweet pepper plants submitted to water tensions in soil and potassium silicate doses. **Horticultura Brasileira**, 37(1), 082-088, 2019. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620190113>

REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Capsicum pimentas e pimentões do Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa Hortaliças, p. 14-46, 2000. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/capsicum/index.htm>. Acesso em: 03 ago. 2023.

ROCHA, P. A. **Produção de pimentão sob diferentes estratégias de irrigação com e sem cobertura do solo, no semiárido Baiano** 2017. 58 f. Dissertação (Mestrado Profissional: Área de concentração Produção vegetal) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Guanambi, 2017.

SAGARPA, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Disponível em: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles_y_Pimientosparte_uno.pdf>. Acesso em 15 de jul. de 2021.

SANTOS, H. C. A., LIMA JUNIOR, J. A., SILVA, A. L. P., CASTRO, G. L. S., GOMES, R. F. Yield de fertigated bell Pepper under different soil water tensions and nitrogen fertilization. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 1, p. 172-183, 2020.

SANTOS, J. C. C. D., SALOMÃO, L. C., SILVA, L. F. V. D., OLIVEIRA, R. F. D., CANTUÁRIO, F. S. D., PEREIRA, A. I. D. A. Utilização de polímero hidroretentor e lâminas de irrigação para racionalização de recursos hídricos no cultivo do pimentão. **Irriga**, v. 27, n. 2, p. 408–418, 2022. DOI: 10.15809/irriga.2022v27n2p408-418.

SATRIANI, A., CATALANO, M., SCALCIONE, E. The role of superabsorbent hydrogel in bean crop cultivation under deficit irrigation conditions: a case-study in Southern Italy. **Agriculture Water Management**. 195, 114–119, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.10.008>.

SAVIC, S.; STIKIC, R.; ZARIC, V.; VUCELIC-RADOVIC, B.; JOVANOVIC, Z.; MARJANOVIC, M.; DJORDJEVIC, S.; PETKOVIC, D. Deficit irrigation technique for reducing water use of tomato under polytunnel conditions. **J. Central Eur. Agric.** 12 (4): 597–607, 2011.

SEDIYAMA M. A. N., VIDIGAL S. M., SANTOS M. R., SALGADO L. T. Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.3, p.294-299, 2009.

SEZEN, M. S., YAZAR, A., TEKIN, S., EKER, S., KAPUR, B. Yield and quality response of drip-irrigated pepper under Mediterranean climate conditions to various water regimes. **African Journal of Biotechnology**, 10 (8), 1329-1339, 2011.

SILVA, A. C. C. P., AMEILDA, K. B., ARAGÃO, C. A., FIGUEREDO NETO, A., OLIVEIRA, F. J. V. Desempenho agrônômico de híbridos de pimentão em diferentes tipos de substrato sob cultivo protegido. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, e7819119574, 2020a.

SILVA, A. R. A. BEZERRA, F. M. L., SOUSA, C. C. M., PEREIRA FILHO, J. V., FREITAS, C. A. S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 57-64, 2011.

SILVA, J. R. S., ALMEIDA, M. P., MOREIRA, J. G. V., OLIVEIRA, E. Produção de pimentão em ambiente protegido sob diferentes concentrações de microrganismos eficientes. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, v.17 n.34; p. 408 2020b.

SILVA, R. O. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SOUZA, W. M. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 579-589, 2017.

SMAGIN, A. V., SADOVNIKOVA, N. B., SMAGINA, M. V. Biodestruction of strongly swelling polymer hydrogels and its effect on the water retention capacity of soils. **Eurasian Soil Science**, v. 47, n. 6, p. 591-597, 2014.

SOJKA, R. E., BJORNEBERG, D. L., ENTRY, J. A., LENTZ, R. D., ORTS, W. J. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management. **Advances in Agronomy**, v. 92, p. 75-162, 2007.

SOUSA, A. M. **Manejo da irrigação e da adubação nitrogenada para produção da cultura do pimentão**. 2022. 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

SOUSA, V. F., MAROUELLI, W. A., COELHO, E. F., PINTO, J. M., COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica, 2011, 771 p.

SOUZA, Á. H. C., REZENDE, R., LORENZONI, M. Z., SANTOS, F. A. S., OLIVEIRA, J. M. Response of bell pepper to water replacement levels and irrigation times. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e53662, p. 1-7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/198340632019v4953662>

SOUZA, R. M. A.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; OLIVEIRA, G. M.; OLIVEIRA, E. D.; CORREIA, L. T. Demanda hídrica e adubação orgânica no cultivo protegido de

pimentão na região norte da Bahia. **Irriga**, v. 26, n. 4, p. 787–800, 2021. DOI: 10.15809/irriga.2021v26n4p787-800.

SURESH, R., PRASHER, S. O., PATEL, R. M., QI, Z., ELSAYED, E., SCHWINGHAMER, T., EHSAN, A. M. Super absorbent polymer and irrigation regime effects on growth and water use efficiency of container-grown cherry tomatoes. **Trans. ASABE** 61, 523–531, 2018.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MØLLER, I. M., MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 2017.

YANG, H; D. U, T., QIU, R., CHEN, J., WANG, F., LI, Y., WANG, C., GAO, L., KANG, K. Improved water use efficiency and fruit quality of greenhouse crops under regulated deficit irrigation in northwest China. **Agricultural Water Management** v. 179, p. 193-204, 2017.

YAO, Z., YAN, G., WANG, R., ZHENG, X., LIU, C., BUTTERBACH-BAHL, K. Drip irrigation or reduced N-fertilizer rate can mitigate the high annual N₂O+NO fluxes from Chinese intensive greenhouse vegetable systems. **Atmospheric Environment**, 212, 183–193, 2019.

YAZDANI, F., ALLAHDADI, I., AKBARI, G. A. Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress condition. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 10, n. 23, p. 4190-4196, 2007.

ZHAO, C.; ZHANG, L.; ZHANG, Q.; WANG, J.; WANG, S.; ZHANG, M.; LIU, Z. The effects of bio-based superabsorbent polymers on the water/nutrient retention characteristics and agricultural productivity of a saline soil from the Yellow River Basin, China. **Agricultural Water Management**, v. 261, n. 1 107388, 2022.

ZOHURIAAN-MEHR, M. J., KABIRI, K. Superabsorbent polymer materials: a review. **Iranian Polymer Journal**, v. 17, n. 6, p. 451-477, 2008.

CAPÍTULO I – Efeitos de regimes hídricos e doses de hidrogel no crescimento e na produtividade do pimentão em ambiente protegido

EFEITOS DE REGIMES HÍDRICOS E DOSES DE HIDROGEL NO CRESCIMENTO E NA PRODUTIVIDADE DO PIMENTÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO

RESUMO

Em regiões semiáridas e áridas o déficit hídrico representa um desafio significativo para a agricultura, afetando o desenvolvimento morfofisiológicas das culturas e diminuindo a produtividade. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de regimes hídricos associados a doses de hidrogel no cultivo de pimentão cv. Dahra RX em ambiente protegido. Foram utilizadas quatro doses (0, 0,6, 1,2 e 2,4 g planta⁻¹) de hidrogel aplicando-se no em torno da planta a uma profundidade de 0,5 cm e em seguida coberto com o próprio solo e quatro níveis de irrigação com base na evapotranspiração diária da cultura do pimentão (50, 75, 100 e 125%) cultivado em solo arenoso em ambiente protegido. A altura, o diâmetro do caule e a área foliar foram medidos aos 70 e 100 dias após o transplante. No final da experiência, foram medidos a produtividade do pimentão e a eficiência do uso da água. Os resultados mostraram que o hidrogel associado à irrigação aumentou a área foliar, a produtividade e a eficiência do uso da água de irrigação. Além disso, o déficit hídrico aplicado (132,8 e 199,26 mm) associado às doses de hidrogel não afetou morfológicamente as plantas, pois o hidrogel manteve as variáveis fisiológicas estáveis devido ao uso eficiente da água de irrigação. Portanto, o uso de hidrogel é efetivo no aumento da eficiência do uso da água de irrigação capaz de proporcionar produtividade estimada em 119,5 t ha⁻¹ em ambiente protegido.

Termos para indexação: *Capsicum annuum*, hidrogel, irrigação deficitária, gestão da água, eficiência do uso da água.

EFFECTS OF WATER REGIMES AND DOSES OF HYDROGEL ON THE GROWTH AND PRODUCTIVITY OF PEPPERS IN A PROTECTED ENVIRONMENT

ABSTRACT

In semi-arid and arid regions, water deficit represents a significant challenge for agriculture, affecting the morphophysiological development of crops and reducing productivity. This study aimed to evaluate the effects of water regimes associated with doses of hydrogel on the cultivation of cv. Dahra RX bell pepper in a protected environment. Four doses (0.0, 0.6, 1.2, and 2.4 g plant⁻¹) of hydrogel were used, applied around the plant at a depth of 0.5 cm and then covered with the soil itself, and four levels of irrigation based on the daily evapotranspiration of the bell pepper crop (50, 75, 100 and 125%) grown in sandy soil in a protected environment. Height, stem diameter, and leaf area were measured at 70 and 100 days after transplanting. At the end of the experiment, bell pepper yield and water use efficiency were measured. The results showed that the hydrogel associated with irrigation increased leaf area, productivity, and the efficiency of using irrigation water. In addition, the water deficit applied (132.8 and 199.26 mm) associated with the doses of hydrogel did not affect the plants morphologically, as the hydrogel kept the physiological variables stable due to the efficient use of irrigation water. Therefore, the use of hydrogel is effective in increasing the efficiency of irrigation water use, capable of providing an estimated yield of 119.5 t ha⁻¹ in a protected environment.

Index terms: *Capsicum annuum*, hydrogel, deficit irrigation, water management, water use efficiency.

1. INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma planta arbustiva que pertence à família das Solanáceas, de origem americana, com sistema radicular pivotante e profundo (Santos et al., 2018).

O cultivo do *Capsicum annuum* é uma atividade muito importante no âmbito agrícola do Brasil, uma vez que produz cerca de 334.615 toneladas (t) de fruto por ano para uma área de aproximadamente 15.000 hectares, com produtividade média de 22 t ha⁻¹ (Rocha, 2017) em campo aberto. Seu cultivo se adapta em várias condições edafoclimáticas do Brasil, de acordo com HfBrasil (2017). Os Estados que mais produzem pimentão são: Minas Gerais, São Paulo, Ceará, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Pernambuco, o que corresponde a 87% do total da produção brasileira, segundo Melo e Brito (2020), e os dois primeiros Estados cultivam cerca de 5.000 hectares com produção de 120.000 toneladas por ano.

Na região semiárida do Nordeste, o Ceará detém a maior produção da região com 31,4%, sendo a chapada da Ibiapaba com maior destaque, cuja quantidade produzida é 15.704 toneladas (IBGE, 2017). Esta produção é oriunda de ambiente protegido e a campo aberto, e conforme o híbrido de pimentão adotado e o nível tecnológico da propriedade pode-se obter produtividade média superior a 60 t ha⁻¹, especialmente em ambiente protegido.

O uso de polímero hidroabsorvente na forma de hidrogel pode ser uma das tecnologias para incremento da produção e têm sido utilizados de forma recorrente para melhorar a retenção de água e nutrientes em solos agricultáveis (Nassaj-Bokharaei et al., 2021). Assim, o hidrogel pode reduzir os efeitos da seca sobre os processos morfofisiológicos das plantas cultivadas. Pois, em pesquisa recente, Madramootoo et al. (2023) relataram que em plantas de tomate sob déficit hídrico, o uso do hidrogel celulósico aumentou a biomassa, o índice de área foliar e a produtividade do tomate assim como a eficiência do uso da água. Mas, de acordo com Anjum et al. (2011), os efeitos do estresse hídrico sobre o crescimento e a produtividade dependem da espécie e do genótipo, além da duração e da gravidade do déficit hídrico, bem como da idade e do estágio de desenvolvimento vegetativo em que o mesmo foi observado.

A água é fundamental na produção agrícola, devendo o seu uso ser de forma racional, uma vez que a falta ou excesso de água afeta significativamente a

produção e a produtividade das plantas cultivadas (Silva et al., 2011; Wang et al., 2023), mas, na região da Ibiapaba no Brasil um dos fatores que afeta parcialmente a produtividade das culturas é relacionado a baixa disponibilidade de água para irrigação, por ocasião do baixo volume de água subterrâneas e de outras fontes, em razão da irregularidade pluviométrica ou outros fatores relacionados a formação arenítica da chapada denominada Ibiapaba, essa situação remete aos produtores irrigarem sem manejo correto da água. Portanto, se faz necessário estratégias complementares para diminuir os efeitos negativos do déficit hídrico no crescimento e na produtividade das plantas cultivadas em regiões com escassez de água (Alotaibi et al., 2023).

O déficit de água no cultivo de pimentão tem limitado a obtenção de elevada produtividade e qualidade dos frutos, em ambiente protegido e a campo aberto (Cantuário et al., 2014). A necessidade hídrica total do pimentão depende das condições climáticas e também da duração do ciclo, porém é estimada em torno de 450 a 650 mm (Sousa et al., 2011; Marouelli; Silva, 2012). Para tanto, o manejo da irrigação, poderá ser incrementado com alternativas que possam diminuir o consumo de água nos cultivos irrigados, mas sem redução de produtividade, assim, o uso de hidrogel se apresenta como uma estratégia na agricultura irrigada, para que os horticultores convivam com as secas nos agrossistemas.

O hidrogel pode desempenhar um papel vital no mecanismo de defesa contra o estresse por déficit hídrico, retardando a gravidade da escassez de água para as plantas. De acordo com Ljubojević et al. (2017), o hidrogel é bastante utilizado na agricultura, na silvicultura e também na fruticultura, embora ainda não se conheça totalmente seus reais efeitos técnicos e econômicos de sua utilização no cultivo de plantas cultivadas e ornamentais, mas já tem pesquisas neste sentido. Ademais, estudos com hidrogel em cultivo protegido também se faz necessário (Pirolì et al. 2022), especialmente em cultivos de olerícolas com finalidade comercial.

Conforme Silva et al. (2015), o estresse hídrico é um dos fatores que afetam o crescimento, o comportamento fisiológico e a produtividade das plantas cultivadas. Deste modo, a compreensão destes parâmetros nas plantas cultivadas é importante para a seleção de cultivares tolerantes, por se referir a uma técnica que reporta o comportamento e a estabilidade das plantas nos agrossistemas

(Ferraz et al. 2012), principalmente em ambiente protegido ou em regiões de elevadas altitudes.

Portanto, diante do exposto, aventou-se a hipótese de que a aplicação de hidrogel no solo reduz o impacto negativo da irrigação deficitária sobre as variáveis morfofisiológicas de plantas de pimentão, mantendo ou aumentando a produtividade total em comparação com plantas submetidas a irrigação deficitária sem hidrogel, devido à maior eficiência no uso da água e à disponibilidade gradual de água para as plantas. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos de regimes hídricos associados a doses de hidrogel no cultivo de pimentão cv. Dahra RX em ambiente protegido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do Experimento

O estudo foi realizado de abril a agosto de 2022 na área experimental pertencente ao Instituto Agropolos do Ceará, no município de São Benedito na chapada da Ibiapaba, Ceará, Brasil (4° 03' 34" S e 40° 53' 39" W a 867 m de altitude). O clima local é o tropical quente semiárido brando, cuja classificação é BSh de acordo com Alvarez et al. (2014) com temperatura média variando de 22 a 29 °C e precipitação média anual de 941,2 mm no período de janeiro a maio (IPECE, 2017).

O ambiente protegido onde foi realizado o experimento é do tipo arco simples de estrutura metálica, com 20 m de comprimento, 6,4 m de largura e 3,2 m de pé direito, cuja cobertura é com polietileno transparente de 250 µ. O solo da área é classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico equivalente a Quartzipsamments (Embrapa, 2018).

2.2 Preparo do solo

Antes da instalação do experimento em ambiente protegido, coletaram-se amostras de solo na camada de 0,0 – 0,20 m para caracterização química e física (Tabela 1), conforme método descrito por Embrapa (2017), para auxiliar no manejo das adubações do pimentão. O ensaio foi realizado com pimentão híbrido cv. Dahra RX no espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,5 m entre plantas.

Tabela 1. Caracterização química e física do solo na área de estudo.

Prof. m	C g kg ⁻¹	M.O g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K cmol _c dm ⁻³	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg cmol _c dm ⁻³	pH	CE dS m ⁻¹
0 – 0,2	0,57	0,99	3,9	0,25	3,9	1,65	6,6	0,74
	Areia g kg ⁻¹	Silte g kg ⁻¹	Argila g kg ⁻¹	Classif. Textural		Ds g cm ⁻³	PT %	Dp g cm ⁻³
0 – 0,2	741,3	142,5	116,2	Franco arenoso		1,25	51	2,55

Ds – densidade do solo; Dp – densidade de partículas e PT - porosidade total do solo.

2.3 Sistema e manejo da irrigação

Utilizou-se um sistema de irrigação localizado por gotejamento, que consiste em linhas de polietileno de 16 mm de diâmetro. Os gotejadores foram espaçados a cada 0,5 m ao longo das linhas e são ajustados para fornecer uma vazão de 2,3 litros por hora diretamente nas raízes das plantas. A pressão operacional do sistema foi mantida em 5 metros de coluna de água (mca). O sistema de irrigação era abastecido por um tanque de 1.000 litros suspenso a 1 metro de altura, cujo nível de água foi mantido constante por uma boia. A distribuição da água foi realizada através de uma linha principal, válvulas manuais e linhas laterais, e a pressão fornecida por uma motobomba de 0,75 cavalos de potência (cv).

O manejo da irrigação foi determinado a partir da evapotranspiração diária da cultura (ET_c), obtido conforme equação 01. Saliente-se que a irrigação da cultura do pimentão foi diária.

$$ET_c = ET_o * kc \quad (01)$$

Em que:

ET_c – evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹);

ET_o – evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

K_c – coeficiente de cultivo (adimensional).

Saliente-se que a evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método do tanque de evaporação Classe 'A' cuja instalação foi realizada *in situ* considerando as condições do ambiente protegido. Os dados foram coletados diariamente sempre as nove horas da manhã e depois inseridos em planilhas. A ET_o foi multiplicada pelos valores de coeficientes de cultivos do pimentão (k_c) propostos por Doorenbos e Kassan (1994), sendo 0,4; 0,7; 1,05 e 0,85 para as fases I, II, III e IV, respectivamente.

2.4 Preparo e aplicação do hidrogel

O polímero granulado foi pesado e posto para hidratação adicionando-se água até cessar sua expansão e formar o hidrogel, em seguida, foi aplicado e incorporado ao solo em torno da raiz de cada planta da unidade experimental aos 25 dias após o transplântio (DAT), coincidindo com a diferenciação das lâminas de irrigação conforme os tratamentos correspondendo as seguintes doses de polímero: 0,0; 0,6; 1,2 e 2,4 g planta⁻¹, aplicando-se na forma de hidrogel direto na cova com o cuidado de se deixar de cinco a oito centímetros abaixo da superfície do solo da cova, de modo que não houvesse perda do hidrogel por extravasamento por ocasião da expansão do polímero.

2.5 Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em parcelas subdividas em um esquema fatorial 4 x 4 sendo quatro regimes de irrigação: 50; 75; 100 e 125% da ETc (parcelas) e quatro doses de polímero: 0,0; 0,6; 1,2 e 2,4 g planta⁻¹ (subparcelas) e, com quatro repetições, cada bloco contendo 48 unidades experimentais, totalizando 192 plantas (Figura 1). A água para irrigação era proveniente de poço tubular e o polímero hidrorretentor à base de acrilamida e acrilato de potássio.

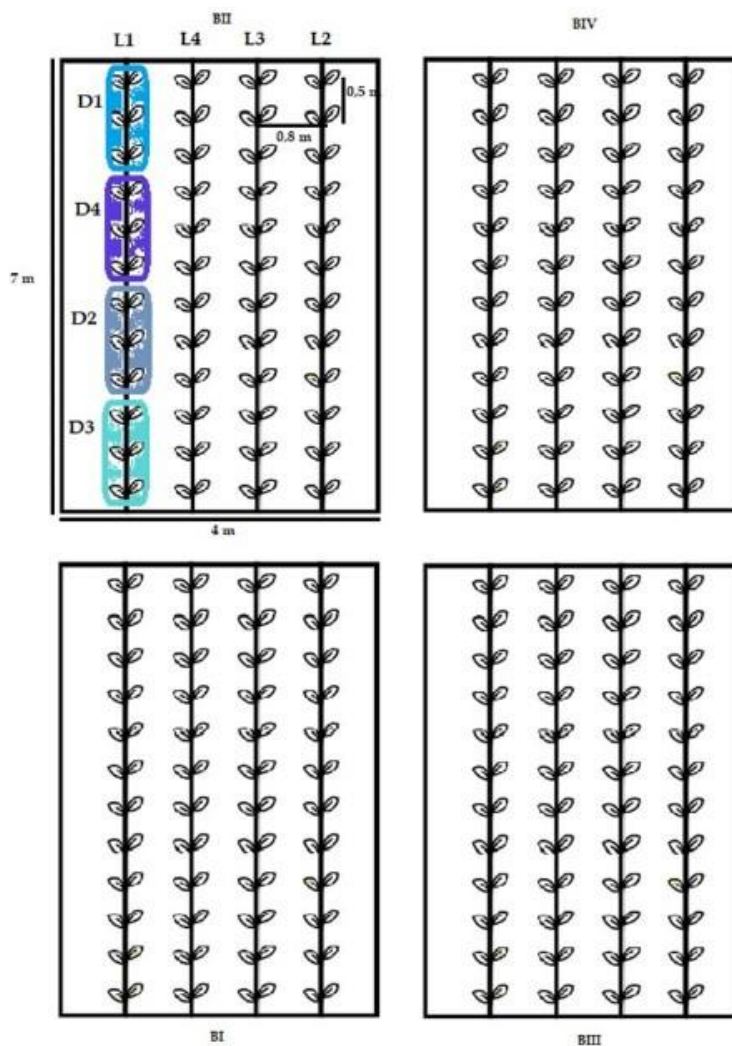


Figura 1. Croqui do experimento de pimentão Dahra RX em São Benedito, Ceará.

2.6 Variáveis analisadas

Para se verificar os efeitos dos regimes hídricos e do polímero na forma de hidrogel nas plantas de pimentão avaliaram-se as seguintes variáveis morfofisiológicas: altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) aos 70 e aos 100 DAT; número de frutos por planta (NFP), peso médio dos frutos (PMF), sólidos solúveis totais (SST), massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA), produção de frutos por planta (Produ) e produtividade (PROD), aos 110 DAT.

Após a obtenção dos dados estimou-se a eficiência do uso de água (EUA) expresso em kg m^{-3} de água, calculada para todos os tratamentos por meio da razão entre a produção total em cada planta e a lâmina de irrigação acumulada no

ciclo (unidade água consumida), conforme Silva et al., (2009) e Santos et al., (2014).

2.7 Análise dos dados

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos resíduos, ao teste F para a análise de variância (ANOVA) e a análise de regressão para as lâminas de irrigação e as doses de hidrogel, todos a 5% de probabilidade utilizando-se o software SISVAR 5.6, versão gratuita (Ferreira, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises de crescimento das plantas

Aos 70 e aos 100 DAT não houve influência significativa ($p > 0,05$) dos fatores isolados dos regimes hídricos, das doses de hidrogel e da interação destes sobre a altura e o diâmetro das plantas de pimentão (Tabela 2). Isto é, os tratamentos com regimes hídricos com base na ETc associados com o hidrogel sobre o pimentão não afetaram o seu crescimento em ambiente protegido. Possivelmente, este fato esteja associado à ocorrência normal das trocas gasosas no ambiente, indicando ausência de estresse hídrico, tendo em vista que houve altura média de 83,6 cm aos 70 DAT e de 90,9 cm aos 100 DAT, isso pode justificar um correto aproveitamento de carbono que pode estimular o crescimento e resultar em maior produção de biomassa (Furlan et al., 2002).

Esses resultados corroboram com os observadas por Nascimento et al. (2021) que também não verificaram efeito significativo da irrigação para altura de planta de tomate submetidos a doses de hidrogel, assim como Padrón et al. (2015) com pimentão irrigado diariamente em ambiente protegido.

Tabela 2. Quadrado médio da análise de variância para altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) de pimentão aos 70 e 100 dias após o transplântio (DAT) cultivado em ambiente protegido sob regimes hídricos e doses de polímero.

FV	GL	AP (cm)		DC (cm)		AF (cm ²)	
		70	100	70	100	70	100
Irrigação	3	44,69 ^{ns}	33,01 ^{ns}	2,18 ^{ns}	1,21 ^{ns}	187,13 ^{ns}	1194,77 ^{**}
Bloco	3	110,4	229,26	4,71	2,44	167,62	142,04
Erro (1)	9	53,89	57,08	1,24	0,78	53,35	73,56
Hidrogel	3	4,62 ^{ns}	19,37 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,03 ^{ns}	30,34 ^{ns}	123,58 ^{ns}
Interação	9	29,1 ^{ns}	39,14 ^{ns}	1,15 ^{ns}	1,17 ^{ns}	35,45 ^{ns}	29,34 ^{ns}
Erro (2)	36	26,70	32,09	0,93	1,44	92,77	62,21
CV (1)		8,78%	8,31%	7,47%	5,23%	13,26%	15,11%
CV (2)		6,18%	6,23%	6,48%	7,12%	17,48%	13,39%
Média		83,60	90,92	14,91	16,87	55,1	56,78

^{ns} no significativo ($p > 0,05$); ^{**} significativo ($p < 0,01$); CV – coeficiente de variação.

A mesma interpretação dada para a altura se aplica para o diâmetro caulinar, pois a irrigação e o hidrogel também não influenciaram isoladamente o diâmetro caulinar e a interação dos fatores (irrigação *versus* hidrogel), também não foi significativa aos níveis de 5 e de 1% de probabilidade (Tabela 2), com valores médios de 14,91 e 16,87 mm, respectivamente aos 70 e 100 DAT. Esses resultados justificam os reportados em pesquisas anteriores, observados por Padrón et al. (2015) em irrigação diárias com base na ETc e Souza et al. (2019) com pimentão sob diferentes níveis de irrigação em ambiente protegido, que também não observaram significância para altura e diâmetro de caule.

Quanto a área foliar, constatou-se que os tratamentos com irrigação e doses de hidrogel não influenciaram significativamente ($p > 0,05$) aos 70 DAT para esta variável (Tabela 2), ou seja, não houve redução significativa da área foliar no período de maior demanda hídrica da cultura, conseqüentemente, sem comprometimento dos processos fotossintéticos e de produção de fitomassa. Em contrapartida, houve influência dos regimes hídricos ($p < 0,01$) de forma isolada aos 100 DAT, evidenciando que esta variável é mais sensível aos efeitos da irrigação na fase final do ciclo, cujo valor médio observado aumentou levemente em relação aos 70 DAT, portanto, qualquer variação no volume de água nesta fase da planta é capaz de influenciar no tamanho da folha.

A área foliar aos 100 DAT foi aumentada em 29% linearmente na mesma proporção em que se aumenta a quantidade de água com base na ETc (Figura 2),

neste caso, para cada aumento unitário na irrigação aplicada houve um incremento na área foliar de 26,96 cm². Esse comportamento deve estar associado a uma disponibilidade de água progressiva no solo após irrigações diárias dentro do ambiente protegido, associado com a menor taxa de evapotranspiração e as doses de hidrogel.

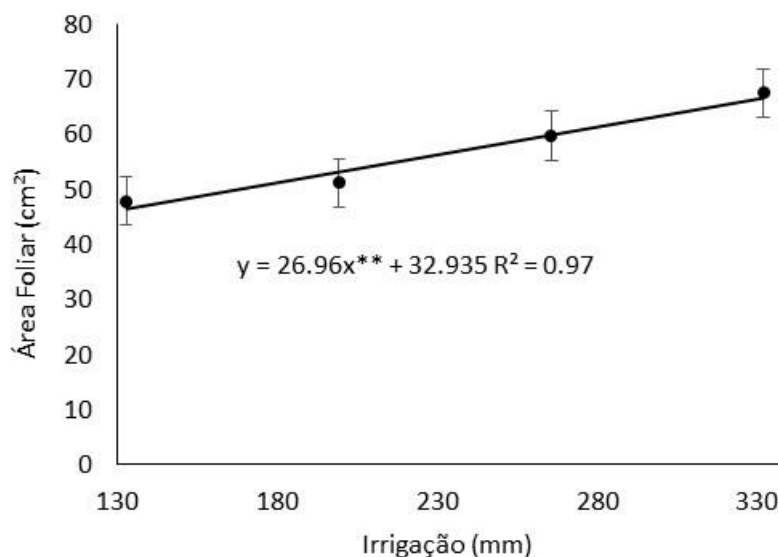


Figura 2. Área foliar de plantas de pimentão aos 100 DAT em ambiente protegido submetidas a regimes hídricos associados a doses de hidrogel. **, significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

3.2 Número de frutos, peso médio e sólidos solúveis

Ao longo do ciclo produtivo do pimentão foram efetuadas quatro colheitas, a primeira se deu aos 56 DAT, a segunda aos 72 DAT, a terceira aos 90 DAT e a última aos 110 DAT, mas foi observado que aos 110 DAT, se obteve o maior número de frutos por planta, apesar de não haver significância entre os fatores ($p > 0,05$), cuja média total foi de 35,4 fruto por planta (Tabela 3), isso se deve a uma característica genética do próprio pimentão cv. Dahra RX, por isso, essa seja uma das razões de preferência pelos produtores da região (Ibiapaba, Brasil). Resultados diferentes foram observados por Souza et al. (2019), pois a média foi de 39 frutos por planta de pimentão sob diferentes níveis de irrigação em ambiente protegido. Os resultados do presente experimento evidenciam que possivelmente as doses de polímero na forma de hidrogel tenham anulado o efeito da irrigação deficitária (132,8 mm = 50% e 199,3 mm 75% da ETc, respectivamente), ou seja, favorecendo a disponibilidade de água no solo, consequentemente influenciando significativamente ($p < 0,01$) na produtividade do pimentão (Tabela 3).

Tabela 3. Quadrado médio da análise de variância para o número de frutos por planta (NFP), peso médio dos frutos (PMF), comprimento longitudinal (CL), comprimento transversal dos frutos (CT), sólidos solúveis totais (SST), produtividade por planta (Produ) e produtividade total (PROD) de pimentão aos 110 DAT em ambiente protegido submetido a regimes hídricos associados a doses de polímero.

FV	Quadrado Médio							
	GL	NFP	PMF	CL	CT	SST	Produ	PROD
Irrigação	3	38,21 ^{ns}	2945,5*	21,50 ^{ns}	28,82 ^{ns}	0,727*	75,21**	8556,3**
Bloco	3	38,35	406,48	638,11	98,37	0,237	1,80	134,1
Erro (1)	9	21,77	450,53	47,48	9,74	0,160	0,702	131,3
Hidrogel	3	9,89 ^{ns}	371,31 ^{ns}	50,16 ^{ns}	7,33 ^{ns}	0,246 ^{ns}	6,20**	734,9**
Interação	9	15,86 ^{ns}	322,61 ^{ns}	73,02 ^{ns}	16,88 ^{ns}	0,162 ^{ns}	2,89**	352,6*
Erro (2)	36	20,75	191,70	52,81	14,00	0,265	0,865	164,8
CV (1)		15,1%	18,06%	5,91%	5,14%	8,84%	8,56%	11,54%
CV (2)		14,6%	11,78%	6,24%	6,16%	11,4%	9,50%	12,93%
Média		35,40	117,5	116,1	60,78	4,52	4,15	103,9
			g	mm	mm	°brix	kg pl ⁻¹	t ha ⁻¹

^{ns} não significativo ($p > 0,05$); ** significativo ($p < 0,01$); * significativo ($p < 0,05$); CV – coeficiente de variação.

Deste modo, o hidrogel se confirma como uma tecnologia que ajuda no fornecimento de água às plantas se comportando como hidrorretentor e condicionador de solo, justificando seu uso na agricultura (Ferreira et al., 2014). No crescimento de milho (*Zea mays*) cultivado em solos arenosos, resultados demonstraram que o hidrogel aumentou a eficiência da utilização da água (Albalasmeh et al., 2022), permitindo a conservação desta água no solo por mais tempo favorecendo maior produção.

O peso médio de frutos de pimentão analisado aos 100 DAT apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) pelo efeito da irrigação aplicada ao longo do ciclo de forma isolada, cujo peso médio obtido foi de 117,55 g (Tabela 3). Por outro lado, o comprimento longitudinal (CL) e o transversal destes frutos (CT) não foram influenciados ($p > 0,05$) pelos tratamentos aos quais as plantas foram submetidas, com comprimentos médios para CL e CT iguais a: 116,11 mm e 60,78 mm, respectivamente (Tabela 3). Em pesquisa com níveis de irrigação no pimentão em ambiente protegido, Souza et al. (2019) encontraram resultados menores para o comprimento dos frutos. Já em trabalho mais antigo foi constatado por Furlan et al. (2002) na irrigação com 100% da ETc, que o comprimento médio dos frutos variou

de 118 a 135 mm, no entanto, embora o CL na presente pesquisa seja menor que aquele observado por estes autores, também podem ser comercializados (CEAGESP, 2015).

Já os sólidos solúveis totais (SST) dos frutos de pimentão foram influenciados ($p < 0,05$) também apenas pela irrigação, cuja média observada foi de 4,52 °Brix (Tabela 3). Para as variáveis produção de frutos por planta (Produ) e produtividade (PROD) houve interação significativa ($p < 0,01$) dos fatores irrigação e hidrogel (Tabela 3). A produção de pimentão por planta, média geral, foi de 4,15 kg e a produtividade média total foi estimada em 103,9 t ha⁻¹.

O efeito isolado da irrigação sobre o peso médio do fruto resultou em peso máximo de 128,55 g para uma irrigação de 311,7 mm (Figura 3). Esses achados corroboram os resultados encontrados por Souza et al. (2019) que observaram aumento do peso médio de frutos em função da disponibilidade hídrica do pimentão. Por outro lado, Santos et al. (2018), cultivando pimentão sob irrigação e níveis de adubação potássica, reportaram maior peso do fruto para irrigação correspondente a 100,5% da ETc.

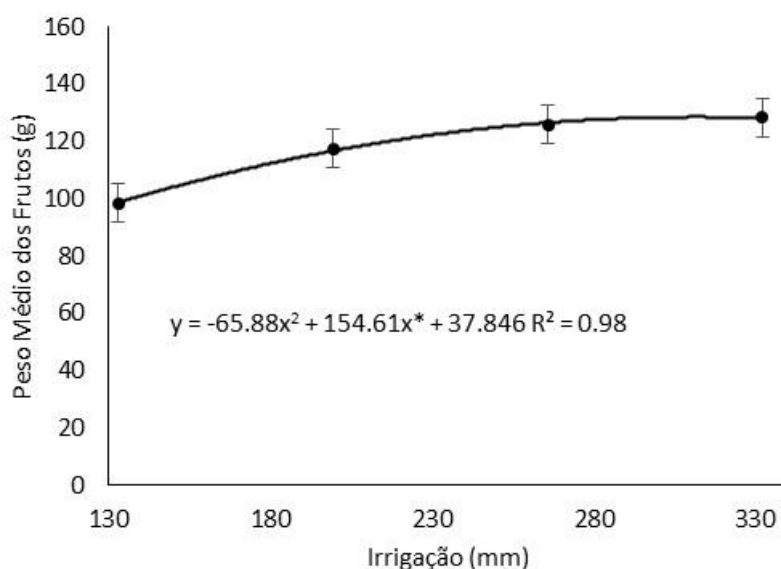


Figura 3. Peso médio dos frutos de pimentão aos 110 DAT em ambiente protegido submetido a regimes hídricos associados a doses de hidrogel. *, significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

A deficiência hídrica reduz o acúmulo de água nos frutos (Patane; Saita, 2015), neste caso proporciona maior concentração dos sólidos solúveis totais (SST). Conforme Figura 4, o efeito isolado da irrigação sobre os SST, provocou

uma redução linear de 0,61 °Brix para cada aumento da lâmina de irrigação, correspondendo a uma redução de 8,45%, sendo o maior valor (4,73 °Brix) observado na menor quantidade de água recebida pela planta de pimentão (132.8 mm).

De acordo com Faria et al. (2013), o teor de sólidos solúveis totais é importante fator de verificação da qualidade dos frutos, principalmente na produção destinada ao consumo *in natura*, mas também no processo de industrialização do produto, tendo em vista que altos valores dessa variável possibilita redução de tempo e energia para evaporação da água e maior rendimento do fruto, obtendo-se maior eficiência no processamento, havendo, portanto, melhoria da pós colheita do pimentão. O efeito dos menores volumes de água aplicado nas plantas de pimentão promoveu uma intensificação da acidez dos frutos e acúmulo progressivo de solutos no fruto. No entanto, na fase de frutificação do pimentão a falta de água restringe a translocação de nutrientes (cálcio) e reduz a cobertura foliar, tornando-o susceptível a doenças (podridão apical) e distúrbios fisiológicos (Hartz et al., 2008). Pois a água é um dos recursos que além de limitar o crescimento das plantas, sua deficiência limita outras funções na planta como a expansão celular (Taiz et al., 2017).

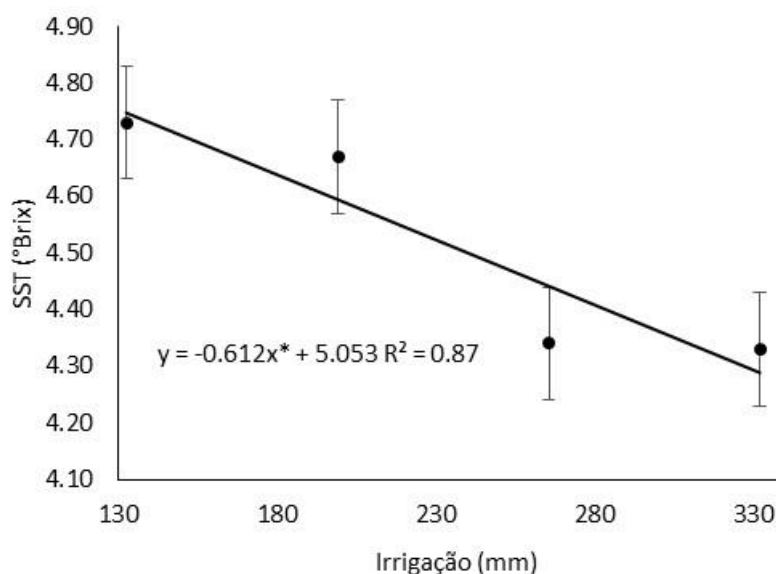


Figure 4. Sólidos solúveis totais de frutos de pimentão aos 110 DAT em ambiente protegido submetidos a regimes hídricos associados a doses de hidrogel. *, significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

3.3 Fitomassa do pimentão

A massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA) não apresentaram significância estatística ($p > 0,05$) para a irrigação bem como para o hidrogel (Tabela 4). Esse comportamento, provavelmente se deve ao crescimento das folhas sem alterações no consumo de carbono e de energia, contribuindo assim para que uma maior quantidade de fotoassimilados fosse distribuído noutras partes da planta (Souza et al., 2019), como por exemplo para o número de frutos. Apesar de não haver significância dos tratamentos para o crescimento de plantas foi observada uma média de fitomassa da parte aérea do pimentão que atingiu $575,75 \text{ g planta}^{-1}$, ademais, este fato pode estar relacionado a uma expansão celular vegetal, impulsionado pelo turgor e maior atividade fotossintética (Díaz-Pérez; Hook, 2017), uma vez que o crescimento das plantas não foi afetado pelos tratamentos aplicados.

Tabela 4. Quadrado médio da análise de variância para a massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) do pimentão aos 110 DAT em ambiente protegido submetido a regimes hídricos associados a doses de polímero.

FV	Quadrado Médio		
	GL	MFPA	MSPA
Irrigação	3	16904,24 ^{ns}	280,18 ^{ns}
Bloco	3	127329,19	11368,27
Erro (1)	9	14386,41	773,97
Hidrogel	3	3737,58 ^{ns}	209,65 ^{ns}
Interação	9	6571,34 ^{ns}	538,48 ^{ns}
Erro (2)	36	5292,67	385,43
CV (1)		20,83%	30,26%
CV (2)		12,64%	21,36%
Média		575,75 g planta⁻¹	91,92 g planta⁻¹

^{ns} não significativa ($p > 0,05$).

3.4 Produtividade total de frutos

Analisando-se o efeito da interação entre os fatores sobre a produção por planta de pimentão, constatou-se acréscimos da produção de pimentão por planta a partir do uso de hidrogel, variando de 5,2 a 12,0 kg por planta, uma vez que a menor produção foi de 5,2 kg pl^{-1} , observada sem hidrogel e na menor lâmina de irrigação (132,8 mm), mas foi na irrigação a partir de 200 mm que proporcionou melhoria da produção por planta, sendo a maior produção de pimentão constatada na lâmina acumulada de 332,1 mm e com 2,4 g de hidrogel (Figura 5). Essa lâmina

de irrigação a qual proporcionou produção máxima de pimentão na presente pesquisa é 16,1% menor que a lâmina água total acumulada reportada por Souza et al., (2021) em pimentão cultivado sob diferentes regimes hídricos e mistura de esterco+solo em ambiente protegido com ciclo de 127 dias. Possivelmente, se deve as características relacionadas ao híbrido de pimentão e as respostas ao uso de nutrientes mineralizados associados ao hidrogel. Apesar disso, os dados de produção evidenciam que a irrigação associada ao uso de hidrogel e a baixa evapotranspiração em ambiente protegido, bem como a ausência de abortamento de flores tem-se uma produção relevante por planta de pimentão cv. Dhara RX.

Os achados referentes a produção por planta foram semelhantes aos encontrados por Matos Filho et al. (2020) nas mesmas condições de cultivo de pimentão com hidrogel, os autores também observaram efeitos significativos para a interação irrigação *versus* hidrogel, porém, os incrementos foram decrescentes conforme aumento da evaporação do tanque classe “A”.

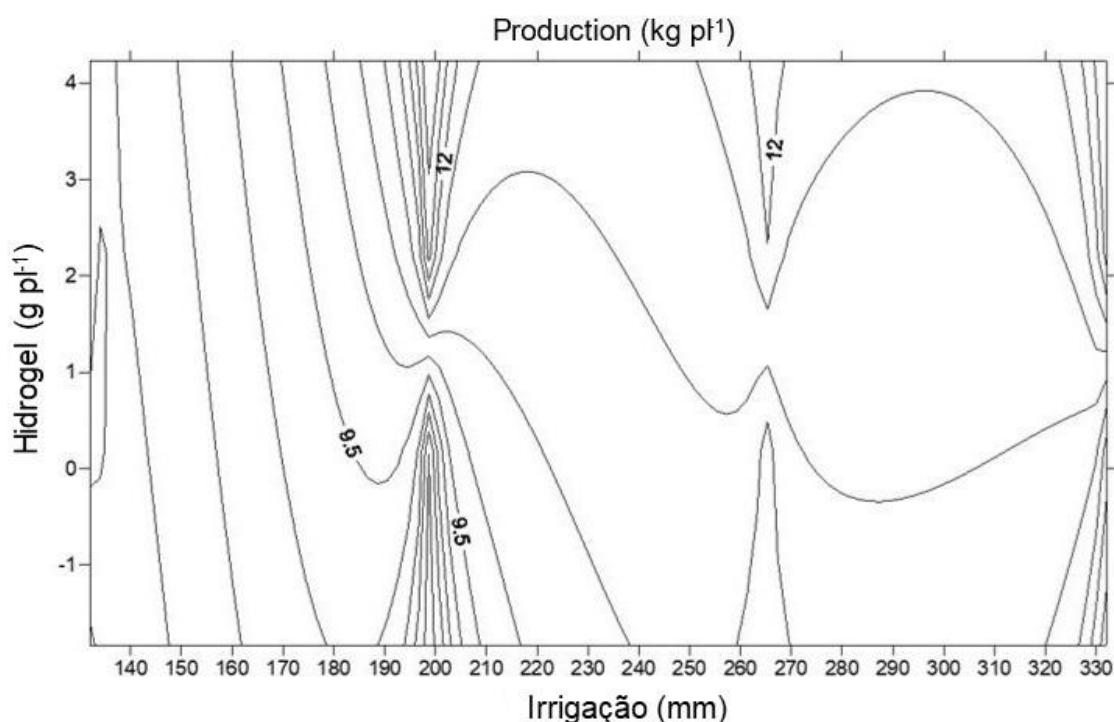


Figura 5. Efeito de interação significativo para a produção por planta de pimentão aos 110 DAT em função da irrigação versus hidrogel em ambiente protegido.

Ocorreu interação simultânea da irrigação e hidrogel sobre a produtividade total do pimentão, o aumento de produtividade ocorreu com o aumento da irrigação na presença de hidrogel (Figura 6). A maior produtividade foi estimada em 119,5 t

ha⁻¹ na maior lâmina de irrigação (332,1 mm) acumulada e, acrescenta-se que esse aumento se dá a partir dos tratamentos com hidrogel (Figura 6). A menor produtividade (53,3 t ha⁻¹) foi constatada no tratamento com menor lâmina de irrigação (132,8 mm) e sem hidrogel. Deste modo, depreende-se que a lâmina de irrigação de 332,1 mm por ter proporcionado elevação da produtividade de pimentão híbrido cv. Dahra RX, se deve a uma associação positiva do hidrogel, pelo fato de receber água suficiente para constante hidratação, conseqüentemente, disponibilizá-la às plantas.

Resultados inferiores de produtividade foram observados por Ozbahce e Tari (2010) na cultura do tomate em ambiente protegido e sob estresse hídrico, os autores constaram aumento da produtividade que variou de 68,7 a 72,7 t ha⁻¹ com incremento da lâmina de irrigação. Neste caso, há evidências de que o pimentão parece ser sensível a respostas a regimes hídricos em ambiente protegido associado ao uso de hidrogel, uma vez que houve produtividade superior ao tomate. Resultados também diferentes foram reportados por Oliveira et al. (2015), quando esses autores ao avaliarem a produtividade de pimentão híbrido Magali-R em plantio convencional em Seropédica/RJ, constaram que a produtividade média foi de 38,3 t ha⁻¹ como resultado de três colheitas com intervalo de 45 dias, sendo as colheitas com intervalos bem superiores daqueles realizados na presente pesquisa.

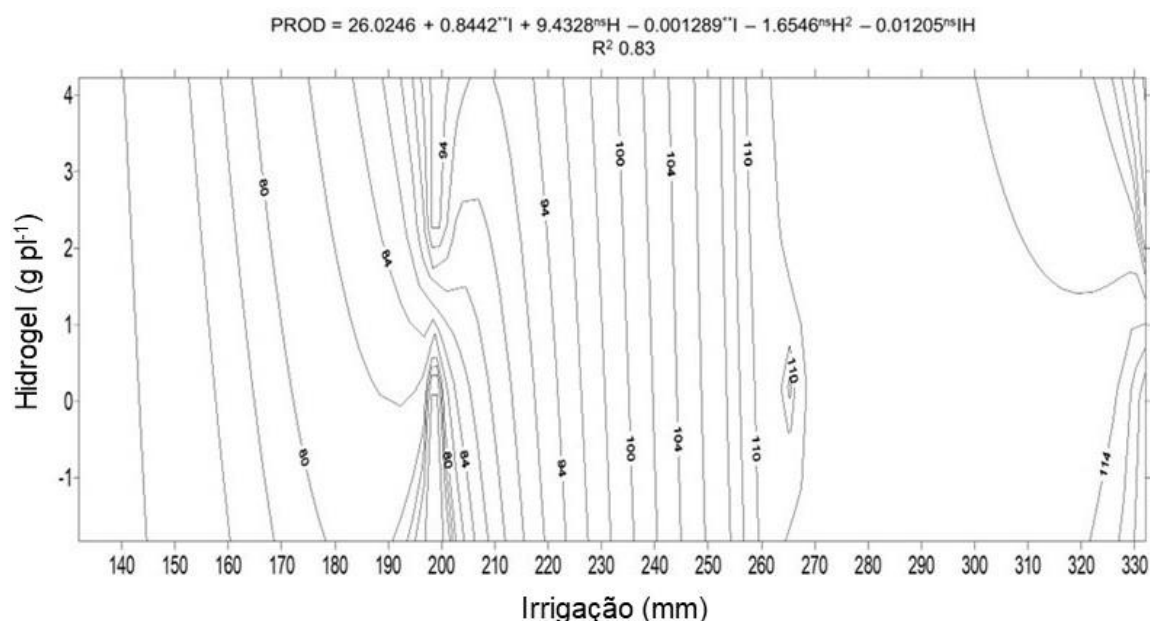


Figura 6. Efeito de interação significativo para a produtividade total do pimento aos 110 DAT em função da rega versus hidrogel em ambiente protegido.

As análises de contrastes ortogonais evidenciaram claramente o efeito do hidrogel em contraste com a irrigação sobre a produtividade do pimentão, haja visto que, este último mostrou que não houve diferença significativa entre a irrigação de 50% da ETc e demais, quando associadas as doses de hidrogel (Tabela 5). Este comportamento demonstra que o hidrogel tem efeito positivo na produção de pimentão, como foi observado na Figura 7. As combinações de irrigação com 50% da ETc e as demais lâminas de irrigação associadas ao hidrogel não diferem entre si, entretanto, a partir do segundo desdobramento, os dados mostram que há diferença entre ausência e presença de hidrogel, indicando que o uso de hidrogel é conveniente sobre a produtividade de pimentão em ambiente protegido. Contudo, carece de estudos adicionais antes de recomendar qualquer dose de hidrogel e interação com lâminas de irrigação para pimentão em ambiente protegido.

Tabela 5. Comparações entre pares para irrigação (I) e hidrogel (H) na produção de pimentão usando análise de contraste ortogonal.

Contrastes ^a	Diferenças estimadas	Erro Padrão	T	P-valor ^b
I50% (H _{0g} vs H _{0,6g} ; H _{1,2g} ; H _{2,4g})	-14,00	4,93	-2,83	0,000
I75% (H _{0g} vs H _{0,6g} ; H _{1,2g} ; H _{2,4g})	-7,87	4,93	-1,59	0,000
I100% (H _{0g} vs H _{0,6g} ; H _{1,2g} ; H _{2,4g})	-5,99	4,93	-1,21	0,000
I125% (H _{0g} vs H _{0,6g} ; H _{1,2g} ; H _{2,4g})	-16,38	4,93	-3,32	0,000
H _{0g} (I50% vs I75%; I100%; I125%)	-40,68	4,93	-8,24	0,007
H _{0,6g} (I50% vs I75%; I100%; I125%)	-39,39	4,93	-7,98	0,118
H _{1,2g} (I50% vs I75%; I100%; I125%)	-22,65	4,93	-4,58	0,231
H _{2,4g} (I50% vs I75%; I100%; I125%)	-48,27	4,93	-9,77	0,002

^a – Irrigação dentro do hidrogel [I (H_{0g} vs H_{0,6g}; H_{1,2g}; H_{2,4g})] e hidrogel dentro da irrigação [H (I50% vs I75%; I100%; I125%)]; ^b Níveis de significância nominal do teste t.

3.5 Estimativa da eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água (EUA) sofreu influência ($p < 0,01$) da irrigação e do hidrogel, bem como da interação simultânea entre estes fatores estudados, cuja média geral foi produzido de 43,99 kg m⁻³ de água (Tabela 6), sendo estes resultados condizentes com a elevada produtividade total.

Houve redução da eficiência do uso da água (EUA) em função do aumento da água de irrigação, cujo menor valor (31,3 kg m⁻³ de água) se deu na irrigação acumulada de 332,1 mm sem hidrogel e diminuindo ligeiramente como aumento

das doses de hidrogel, certamente por haver mais água disponível decorrente da presença do hidrogel (Figura 7). Segundo Santos et al. (2016), tal fato se deve ao próprio excesso de água que afeta os nutrientes nas primeiras camadas de solo que em vez de serem absorvidos pelas plantas podem ter sido lixiviados.

Tabela 6. Quadrado médio da análise de variância para a eficiência do uso da água (EUA) aos 110 DAT do pimentão Dahra RX cultivado em ambiente protegido sob regimes hídricos e doses de polímero.

FV	Quadrado Médio	
	GL	EUA
Irrigação	3	808,22**
Bloco	3	47,64
Erro (1)	9	24,46
Hidrogel	3	146,4**
Interação	9	81,77**
Erro (2)	36	17,94
CV (1)		11,24%
CV (2)		9,63%
Média		43,99 kg m⁻³

** significativo ($p < 0,01$).

Já o maior valor de EUA foi observado na irrigação de 132,8 mm correspondente a dose de 1,2 g de hidrogel, deste modo, a EUA parece ter uma correlação com a utilização de hidrogel em irrigação com déficit. Esses resultados são similares aos de Souza et al. (2019) e Padrón et al. (2015) que observaram o mesmo comportamento em pimentão. Por outro lado, diferem dos constatados por Matos Filho et al. (2020), em que a EUA maior foi observada para a irrigação de 335,4 mm. Adicionalmente, a EUA e o rendimento podem ser melhorados sob déficit hídrico, em várias culturas incluindo o pimentão de acordo com o manejo de água adotado (Yu; Gao; Zhao, 2020). Neste caso, a determinação da EUA sob irrigação deficitária parecer ser importante para regiões com limitações de recursos hídricos.

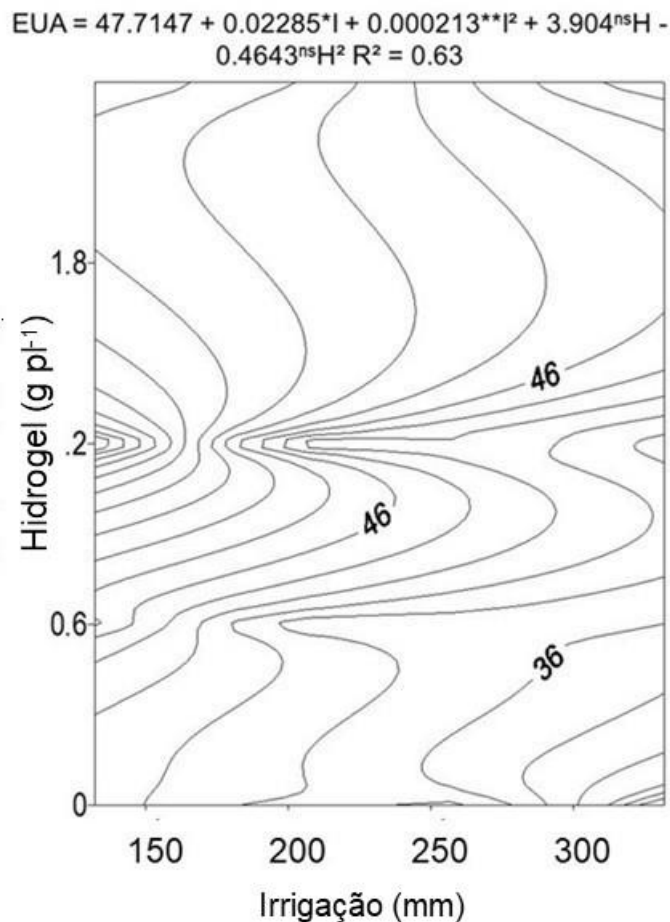


Figura 7. Efeito da interação simultânea entre irrigação e hidrogel na eficiência do uso da água (EUA) em plantas de pimentão em ambiente protegido.

Assim, depreende-se que o hidrogel se comporta como alternativa viável em áreas de secas recorrentes para retardar a gravidade do déficit hídrico, uma vez que ocorre o aumento da eficiência do uso da água (Felippe et al., 2020), implicando em produção e produtividade plena do pimentão híbrido Dahra RX.

Resultados similares também foram reportados por Piroli et al. (2022) em *lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*) de corte em ambiente protegido, pois os autores relataram que houve efeito significativo da interação manejo de irrigação *versus* hidrogel para o uso eficiente da água nas diferentes épocas de cultivo. Seja na olericultura ou floricultura, segundo Santos et al. (2016), o importante é que o vegetal tenha elevada eficiência do uso da água e produtividade aceitável com menor uso da água. Assim, Souza et al. (2019) reportaram que o melhor aproveitamento da água no cultivo de pimentão ocorreu para a irrigação de 160,45 mm em comparação com o maior tratamento de 374,38 mm. Portanto, os achados na presente pesquisa justificam o cultivo de pimentão híbrido Dahra RX com

irrigação deficitária associada ao uso de hidrogel em ambiente protegido para a melhoria da eficiência do uso da água, sendo um parâmetro adequado para otimizar a sua produtividade.

4. CONCLUSÃO

A implementação de regimes hídricos em conjunto com a aplicação de hidrogel melhora significativamente o desempenho agrônômico do pimentão cv. Dahra RX. A combinação de ambos os tratamentos aumenta, especificamente, a área foliar e o peso médio dos frutos, o que contribui para um aumento na quantidade e qualidade da produção, como evidenciado pela alta concentração de sólidos solúveis nos frutos.

O hidrogel combinado com lâmina de 332,1 mm melhora a eficiência da utilização da água de irrigação, resultando em produtividade total de frutos estimada em 119,5 toneladas por hectare em condições protegidas.

5. REFERÊNCIAS

ALBALASMEH, A.A.; MOHAWESH O, GHARAIBEH, M.A.; ALGHAMDI, A.G.; ALAJLOUNI MA, ALQUDAH, A.M. Effect of hydrogel on corn growth, water use efficiency, and soil properties in a semi-arid region. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.21, 518–524, 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2022.03.001>

ALOTAIBI, M.; EL-HENDAWY, S.; MOHAMMED, N.; ALSAMIN, B.; REFAY, Y. Appropriate application methods for salicylic acid and plant nutrients combinations to promote morpho-physiological traits, production, and water use efficiency of wheat under normal and deficit irrigation in an arid climate. **Plants**, v.12, e1368, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12061368>

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, 711-728, 2014. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ANJUM, S.A.; XIE, X.Y.; WANG, L.C.; SALEEM, M.F.; MAN, C.; LEI, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, v.6, 2026-2032, 2011. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.027>

BESHARATI, J.; SHIRMARDI, M.; MEFTAHIZADEH, H.; ARDAKANI, M.D.; GHORBANPOUR, M. Changes in growth and quality performance of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in response to soil amendments with hydrogel and compost under drought stress. **South African Journal of Botany**, v.01, 1-14, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.03.018>

BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. **Scientia Agrícola**, v.62, 305-309, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000400001>

CEAGESP. Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Norma de Classificação do Pimentão para o Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros**. 2015. Available at: <<https://ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/pimentao.pdf>>. Accessed on: Set. 07 2017.

CANTUÁRIO, F.S.; LUZ, J.M.Q.; PEREIRA, A.I.A.; SALOMÃO, L.C.; REBOUÇAS, T.N.H. Podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão submetidos a estresse hídrico e doses de silício. **Horticultura Brasileira**, v.32, 215-219, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000200017>

CARVALHO, M.W.L.; BASTOS, E.A.; CARDOSO, M.J.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; SOUSA, C.A.F. Morfofisiologia do milho irrigado com e sem déficit hídrico sob diferentes arranjos de plantas na região meio-norte do Piauí. **Revista Cultura Agrônômica**, v.31, 41-54, 2022. <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2022v31n1p41-54>

DALASTRA, G.M.; ECHER, M.M.; GUIMARÃES, V.F.; BRITO, T.S.; INAGAKI, A.M. Trocas gasosas e produtividade de tomateiro com diferentes hastes por planta. **Iheringia, Série Botânica**, v.75, e2020020, 2020.
<https://doi.org/10.21826/2446-82312020v75e2020020>

DÍAZ-PÉREZ, J.C.; HOOK, J.E. Plastic-mulched Bell Pepper (*Capsicum annuum* L) Plant Growth and Fruit Yield and Quality as Influenced by Irrigation Rate and Calcium Fertilization. **American Society for Horticultural Science**, 52, 774-781, 2017. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11830-17>

DOORENBOS, S.J.; KASSAM, R.M. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: FAO, 1994. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. 3ed. Rio de Janeiro, 2017, 212 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 356 p.

FARIA, P.N.L.; CARDOSO, G.A.; FINGER, K.A.; LUIS, F.; CECON, P.R. Estudo da variabilidade genética de amostras de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.) existentes num banco de germoplasma: um caso de estudo. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, 17- 22, 2013. <https://doi.org/10.19084/rca.16276>

FELIPPE, D. NAVROSKI, M.C.; AGUIAR, N.S.; PEREIRA, M.O.; MORAES, C.; AMARAL, M. Crescimento, sobrevivência e trocas gasosas em plantas de *Eucalyptus dunnii* Maiden submetidas a regimes de irrigação e aplicação de hidrogel. **Revista Florestal Mesoamericana Kurú**, v.17, 11-20, 2020.
<http://dx.doi.org/10.18845/v17i40.4902>

FERRAZ, R.L.S.; MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D.; NUNES JÚNIOR, E.S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em

ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, 181-188, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200010>

FERREIRA, D.F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, 529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

FERREIRA, E.A.; SILVA, V.A.; SILVA, E.A.; SILVEIRA, H.R.O. Eficiência do hidrogel e respostas fisiológicas de mudas de cultivares apirênicas de citros sob déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, 158-165, 2014. <https://doi.org/10.1590/S198340632014000200009>

FREITAS, R.M.O.; DOMBROSKI, J.L.D.; FREITAS, F.C.L.; NOGUEIRA, N.W.; PINTO, J.R.S. Physiological responses of cowpea under water stress and rewatering in no-tillage and conventional tillage systems. **Revista Caatinga**, v.30, 559-567, 2017. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n303rc>

FURLAN, R.A.; REZENDE, F.C.; ALVES, D.R.B.; FOLEGATTI, M.V. Lâmina de irrigação e aplicação de CO₂ na produção de pimentão cv Mayata, em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.20, 547-550, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000400007>

HARTZ, T.K.; CANTWELL, M.; LESTRANGE, M.; SMITH, R.F.; AGUIAR, J.; DAUGOVISH, O. **Bell pepper production in California**. Oakland: University of California. 4p. 2008. (Vegetable Production Series. Publication, 7217).

HFBRASIL. Hortifrut/CEPEA. Principais características do pimentão no Brasil. **Revista HF Brasil**, Piracicaba, 2017. Available at: <https://www.hfbrasil.org.br/br/hortifrut-cepea-principais-caracteristicas-do-pimentao-no-br.aspx>. Accessed on: Set. 20 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Available at: <[http://www. https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pimentao/ce](http://www.https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pimentao/ce)>. Accessed on: Feb. 05 2021.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil municipal 2017 de São Benedito**, Ano I, Fortaleza, 2017, 17p. Available at: <https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Sao_Benedito_2017.pdf>. Accessed on: Feb. 12 2021.

JACINTO JÚNIOR, S.G.; MORAES, J.G.L.; SILVA, F.D.B.; SILVA, B.N.; SOUSA, G.G.; OLIVEIRA, L.L.B.; MESQUITA, R.O. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.34, 413-422, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778634304>

LJUBOJEVIĆ, M.; OGNJANOV, V.; MAKSIMOVIĆ, I.; ČUKANOVIĆ, J.; DULIĆ, J.; SZABÒ, Z.; SZABÒ, E. Effects of hydrogel on growth and visual damage of ornamental salvia species exposed to salinity. **CLEAN–Soil, Air, Water**, v.45, e1600128, 2017. <https://doi.org/10.1002/clen.201600128>

MADRAMOOTOO, C.A.; JAIN, A.; OLIVA, C.; WANG, Y.; ABBASI, N.A. Growth and yield of tomato on soil amended with waste paper based hydrogels. **Scientia Horticulturae**, v.310, n. 15, p. 111752, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111752>

MARIANO, K.R.S.; BARRETO, L.S.; SILVA, A.H.B.; NEIVA, G.K.P.; RIBEIRO, A.J.; AMORIM, S.M.C. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodruon urundeuva* FR. ALL. **Floresta**, v.39, 853-859, 2009. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v39i4.16320>

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Irrigação na cultura do pimentão**. Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 101, ed.1, 2012, p.20. Available at:

<[https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/925496/1/1033CT101Pro va20120312.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/925496/1/1033CT101Pro%20va20120312.pdf)>. Accessed on: Feb. 22 2021.

MATOS FILHO, H.A.; SILVA, C.A.; BASTOS, A.V.S. Níveis de irrigação associados a doses de hidrogel na cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.14, e3906, 2020. <https://DOI:10.7127/rbai.v14n101096>

NASCIMENTO, I.R.S.; RODRIGUES, E.N.S.; SANTOS, F.A.; SOARES, F.J.S.; PEREIRA, W.E.; ARAÚJO, J.R.E.S.; CARTAXO, P.H.A.; SILVA, G.R.; BULHÕES, L.E.L.; SANTOS, J.P.O. Lâminas de irrigação e hidrogel nas taxas de crescimento e produção de tomateiro. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, 24, 1-6, 2021. <https://doi.org/10.25110/arqvet.v24i2cont.2021.8468>

NASSAJ-BOKHARAEI, S.; MOTESHAREZEDEH, B.; ETESAMI, H.; MOTAMEDI, E. Effect of hydrogel composite reinforced with natural char nanoparticles on improvement of soil biological properties and the growth of water deficit-stressed tomato plant. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.223, 112576, 2021. <https://doi:10.1016/j.ecoenv.2021.112576>

OLIVEIRA, A.D.; CARVALHO, D.F.; PEREIRA, J.B.A.; PEREIRA, V.C. Crescimento e produtividade do pimentão em dois sistemas de cultivo. **Revista Caatinga**, v.28, 78-89, 2015.

OZBAHCE, A.; TARI, A.F. Effects of different emitter space and water stress on yield and quality of processing tomato under semi-arid climate conditions. **Agricultural Water Management**, v.97, 1405 – 1410, 2010. <https://doi:10.1016/j.agwat.2010.04.008>

PADRÓN, R.A.R.; RAMÍREZ, L.R.; CERQUERA, R.R.; NOGUEIRA, H.M.C.M.; MUJICA, J.L.U. Desenvolvimento vegetativo de pimentão cultivado com lâminas e frequências de irrigação. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.9, 49-55, 2015.

PATANÈ, C.; SAITA, A. Biomass, fruit yield, water productivity and quality response of processing tomato to plant density and deficit irrigation under a semi-arid Mediterranean climate. **Crop and Pasture Science**, v.66, 224-234, 2015. <https://doi.org/10.1071/CP14152>

PIROLI, J.D.; PEITER, M.X.; ROBAINA, A.D.; RODRIGUES, M.A.; PEREIRA, A.C.; FERREIRA, L.D. Eficiência do uso da água e coeficiente de cultivo para lisianthus de corte cultivado em ambiente protegido. **Irriga**, v.27, 493–505, 2022. <https://10.15809/irriga.2022v27n3p493-505>.

RAMOS, A.; COSTA, R.R.B.; SANTOS, M.S.; PEREIRA, N.E.; SANTOS, F.O.; PÓVOAS, C.E. Leaf gas exchange and productions components of chilli peppers (*Capsicum frutescens*) subjected to different soil water tensions in the south of Bahia. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.4, 5477–5489, 2021. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-048>

RIBEIRO, C.S.C.; CRUZ, D.M.R. Tendencias de mercado 2015. **Revista Cultivar**, [s.n], 2015. Available at: <<https://revistacultivar.com.br/artigos/tendencias-de-mercado>>. Accessed on: Set. 02 2022.

ROCHA, P. A. **Produção de pimentão sob diferentes estratégias de irrigação com e sem cobertura do solo, no semiárido Baiano**. 2017. 58p. Dissertação (Mestrado Profissional: Área de concentração Produção vegetal) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Guanambi.

SANTOS, E.S.; SILVA, E.F.F.; MONTENEGRO, A.A.A.; SOUZA, E.S.; SOUZA, R.M.S.; SILVA, J.R.I. Produtividade do pimentão sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio em região semiárida. **Irriga**, v.23, 518-534, 2018. <https://doi.org/10.15809/irriga.2018v23n3p518-534>

SANTOS, M.R.; DONATO, S.L.R.; ARANTES, A.M.; COELHO FILHO, M.A. Irrigação lateralmente alternada em lima ácida ‘Tahiti’ na região norte de Minas Gerais. **Irriga**, v.21, 71-88, 2016. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n01p71-88>

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HEMMINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v.148, 339-46, 1965.

SILVA, A.R.A.; BEZERRA, F.M.L.; SOUSA, C.C.M.; PEREIRA FILHO, J.V.; FREITAS, C.A.S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, 57-64, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000100008>

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

SILVA, F.G.; DUTRA, W.F.; DUTRA, A.F.; OLIVEIRA, I.M.; FILGUEIRAS, L.M.B.; MELO, A.S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, 946–952, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952>.

SONG, B.; LIANG, H.; SUN, R.; PENG, P.; JIANG, Y.; SHE, D. Hydrogel synthesis based on lignin/sodium alginate and application in agriculture. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.144, 219–230, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.082>

SOUSA, V.F.; MAROUELLI, W.A.; COELHO, E.F.; PINTO, J.M.; COELHO FILHO, M.A.; **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica, 2011, 771 p.

SOUZA, Á.H.C.; REZENDE, R.; LORENZONI, M.Z.; SANTOS, F.A.S.; OLIVEIRA, J.M. Response of bell pepper to water replacement levels and irrigation times. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.49, e53662, 1-7, 2019. <https://doi.org/10.1590/198340632019v49e53662>

SOUZA, R.M.A.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; OLIVEIRA, G.M.; OLIVEIRA, E.D.;
CORREIA, L.T. Demanda hídrica e adubação orgânica no cultivo protegido de
pimentão na região norte da Bahia. **Irriga**, v.26, 787–800, 2021.
<https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n4p787-800>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 918
p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e
desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 888 p.

YU, L.; GAO, X.; ZHAO, X. Global synthesis of the impact of droughts on crops'
water-use efficiency (WUE): Towards both high WUE and productivity.
Agricultural Systems, v.177, 102723,
2020. <https://doi:10.1016/j.agry.2019.102723>

WANG, X.; TIAN, W.; ZHENG, W.; SHAH, S.; LI, J.; WANG, X.; ZHANG, X.
Quantitative relationships between salty water irrigation and tomato yield, quality,
and irrigation water use efficiency: A meta-analysis. **Agricultural Water
Management**, v. 280, 108213, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108213>

CAPÍTULO II – Respostas de pimentão híbrido em campo aberto com o uso de hidrogel e diferentes regimes hídricos

RESPOSTAS DE PIMENTÃO HÍBRIDO EM CAMPO ABERTO COM O USO DE HIDROGEL E DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

RESUMO

O manejo eficiente da água em época de escassez hídrica é fundamental na irrigação das plantas cultivadas, especialmente em regiões de seca recorrente. Objetivou-se com esta pesquisa avaliar as respostas da aplicação de doses de hidrogel e a utilização de diferentes regimes hídricos sobre a produtividade e a eficiência hídrica de plantas de pimentão cultivadas em campo aberto. Um experimento foi conduzido com pimentão híbrido em parcela subdividida, as lâminas de irrigação (50; 75; 100 e 125% da ETc) como parcelas e nas subparcelas, as doses de polímero (0,0; 0,6; 1,2 e 2,4 g planta⁻¹), com quatro repetições. As variáveis analisadas foram produtividade de frutos, eficiência do uso da água e fisiológicas (condutância estomática e potencial hídrico foliar). As doses de hidrogel incrementaram a produtividade de frutos de pimentão e a condutância estomática. O uso de hidrogel no cultivo de pimentão garante estabilidade das variáveis fisiológicas aos 70 dias após o transplante e a dose de 2,4 g planta⁻¹ do polímero proporciona maior produtividade do pimentão cultivado em solo franco arenoso. Por fim, o uso de hidrogel favorece o desempenho produtivo de pimentão híbrido com lâmina total de água cumulada de 683,1 mm em campo aberto.

Palavras-chave: Recursos hídricos; Manejo de irrigação; Olericultura; Economia de água; Semiárido.

RESPONSES OF HYBRID BELL PEPPER IN THE OPEN FIELD WITH THE USE OF HYDROGEL AND DIFFERENT WATER REGIMES

ABSTRACT

Efficient water management in times of the water scarcity is essential when irrigating cultivated plants, especially in regions of recurrent drought. This research aimed to evaluate the responses to the application of doses of hydrogel and the use of different water regimes on the productivity and water efficiency of bell pepper plants grown in the open field. An experiment was conducted with hybrid peppers in subdivided plots, with irrigation rates (50; 75; 100, and 125% of ET_c) as the plots and polymer doses (0.0; 0.6; 1.2, and 2.4 g plant⁻¹) in the subplots, with four replications. The variables analyzed were fruit yield, water use efficiency, and physiological variables (stomatal conductance and leaf water potential). The doses of hydrogel increased fruit yield and stomatal conductance. The use of hydrogel in bell pepper cultivation ensures stability of physiological variables at 70 days after transplanting, and the dose of 2.4 g plant⁻¹ of the polymer provides greater productivity of peppers grown in sandy loam soil. Finally, use of the hydrogel favors the productive performance of hybrid peppers with a total cumulative water depth of 683.1 mm in the open field.

Keywords: Water resources; Irrigation management; Olericulture; Water saving; Semi-arid region.

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos insumos fundamentais à produção agrícola, devendo ser seu uso de forma racional, uma vez que a falta ou o excesso de água afetam significativamente a produtividade das plantas cultivadas (Silva et al., 2011). Considerando os problemas de escassez de água especialmente para irrigação das culturas em regiões áridas e semiáridas, Hatfied e Dold (2019) reportam a necessidade de se aperfeiçoar a eficiência do uso da água de irrigação sem promover decréscimo de rendimento, mas visando principalmente a economia de água, com isso pode-se aumentar a produção sem aumento de área.

O cultivo de pimentão (*Capsicum annuum*) pode ser efetuado ao longo do ano, preferencialmente com cultivares de ciclo curto (90 a 120 dias) para redução dos custos e o consumo de água na agricultura. A prática da irrigação é essencial à produção desta espécie, em regiões semiáridas, pois é uma das olerícolas mais sensíveis ao estresse hídrico (Doorenbos & Kassam, 1986). Tendo em vista sua sensibilidade aos efeitos da irrigação (excesso ou déficit de água), sendo o método de irrigação localizada por gotejamento mais recomendado para o cultivo (Lopes et al., 2018). Ademais, este método de irrigação associado a outras tecnologias como o uso dos polímeros hidrorretentores na agricultura (Santos et al. 2022), poderá potencializar o uso eficiente da água nos cultivos em geral, especialmente em campo aberto, onde as lavouras estão expostas às variações climáticas.

Deste modo, é importante conhecer a demanda hídrica da cultura para os diferentes estádios de crescimento e até seus rendimentos (Doorenbos & Kassam, 1994). O manejo eficiente da irrigação poderá ser incrementado como alternativa que possa diminuir a quantidade de água e/ou frequência de irrigação, como uso de polímeros hidrorretentores, de modo que os horticultores aumentem os lucros obtidos com a cultura. Neste sentido, conforme Souza et al. (2019), o desafio é ainda maior: aumentar o rendimento das plantas cultivadas sem reduzir ou ao menos manter suas demandas hídricas.

No entanto, as plantas cultivadas em campo aberto possuem crescimento mais reduzido e mais lento, com aumento no tempo entre os distintos estádios fenológicos e intensa taxa de evapotranspiração, além de outros fatores quando comparado ao cultivo em ambiente protegido. Por isso, em campo aberto a produtividade é de duas a três vezes menor, quando comparada àquelas obtidas

em ambiente protegido (Cermeño, 1990). Segundo Palaretti (2002), no cultivo em campo a lavoura está exposta a todo o momento às variações do ambiente. O controle dessas variações é praticamente impossível nessas condições e, por atuarem expressivamente no processo fisiológico das plantas, essas variações afetarão seu desenvolvimento e sua produção.

Por outro lado, na região Nordeste, durante a estação seca há possibilidade de ocorrência de temperaturas muito elevadas dificultando o cultivo de pimentão sob estufa, provocando dentre outros problemas o abortamento de flores, podendo ser contornado com o cultivo em campo aberto usando polímeros hidrorretentores como forma de proporcionar melhoria da produtividade.

Sobre os efeitos das doses de hidrogel, Baran et al. (2015) obtiveram incremento de até 69% na capacidade máxima de água absorvida na mistura hidrogel/solo com o aumento nas doses do produto. Oliveira et al. (2004), avaliando a influência do hidrogel na retenção de água em dois solos de texturas diferentes (franco-argilo-arenoso e argiloso), observaram que a dose de hidrogel de 2 g kg⁻¹ de solo aumentou a umidade em 40% e 35%, para as respectivas texturas, em relação ao tratamento sem hidrogel, e ainda aumentou a disponibilidade total de água em 125% para o solo franco-argilo-arenoso e 135% para o solo argiloso. Entretanto, ainda carece de informações científicas quanto ao uso e efeitos dos polímeros hidrorretentores no crescimento e no desenvolvimento de olerícolas relacionados aos diferentes regimes hídricos e aos processos físico-hídricos do solo.

Contudo, as plantas reagem aos efeitos do déficit hídrico de diferentes formas como fechamento estomático, menor área foliar, antecipação da senescência e abscisão das folhas (Taiz et al., 2017). Portanto, fazendo o uso eficiente da água de acordo com fase fenológica como mecanismo de adaptação, isso é de sua importância para garantir o rendimento das culturas. O déficit hídrico controlado como redução do abastecimento de água para melhorar a eficiência do uso da água, sem afetar o desenvolvimento da planta e a produtividade, atualmente, é assunto bastante discutido (Yang et al., 2017), entretanto, ainda carece de aprimoramento.

É importante o conhecimento técnico sobre as necessidades hídricas das plantas cultivadas em campo aberto, associado a um melhor entendimento de como

as condições ambientais interferem nos agrossistemas, para ampliar as possibilidades do manejo profissional da irrigação (Pereira et al., 2019). Alternativamente, a irrigação deficitária se apresenta como um desafio para atender aos requisitos fisiológicos das plantas cultivadas (Mancosu et al., 2015) e ao mesmo tempo garantir o potencial produtivo. Neste sentido, há um esforço contínuo na busca por alternativas de manejo profissional da irrigação por gotejamento, com vistas à economia de água, principalmente nos dias atuais que temos mais incertezas sobre o comportamento do clima.

Em pesquisa realizada por Sezen et al. (2011) em pimentão, constataram que à medida que a planta se desenvolvia, a quantidade de frutos foi menor ao ser submetida a déficit hídrico utilizando sistema por gotejamento. Portanto, cessar a irrigação na fase sensível ao déficit hídrico inadequadamente, certamente prejudicará a produtividade e qualidade dos frutos (Sousa et al., 2011). Entretanto, uma ligeira diminuição nos rendimentos pode ser permitida com o uso de irrigação deficitária (Fathi & Tari, 2016), mas a água economizada em operações com irrigação deficitária irá compensar as perdas de rendimentos das culturas, com isso pode se ter lucros melhores com a cultura (English; Solomon & Hoffman, 2002).

A utilização da água de irrigação deve ser o mais eficiente possível, uma vez que este recurso está cada vez mais escasso em termos de quantidade e qualidade. Além disso, fatores como a irregularidade das chuvas que acontece na região semiárida, também precisam levar em conta no âmbito agrônomo, quando se trata da busca pela economia e utilização da água na agricultura (Yu; Gao & Zhao, 2020).

Neste sentido, objetivou-se com esta pesquisa avaliar as repostas da aplicação de doses de hidrogel e a utilização de diferentes regimes hídricos sobre a produtividade e a eficiência hídrica de plantas de pimentão cultivadas em campo aberto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área do experimento

O experimento foi realizado no período de setembro a dezembro de 2022 a campo aberto em área de Neossolo Quartzarênico (Quartzipsamments) pertencente ao Instituto Agropolos do Ceará, no município de São Benedito, Ceará,

Brasil, (4° 02' 56" S; 40° 51' 54" W e a 903 m). O clima é tropical quente semiárido brando, cuja classificação é BSh conforme Alvarez et al. (2014) com temperatura média variando de 22 a 29 °C e precipitação média anual de 941,2 mm no período de janeiro a maio (IPECE, 2017)

2.2 Preparo do solo e sistema de irrigação

O solo da área foi coletado em camada de 0,2 m de profundidade para caracterizações química e física, antes da instalação do experimento. A metodologia para as análises químicas e físicas foi a sugerida por Embrapa (2017), para auxiliar no manejo das adubações e calagem do pimentão híbrido cv. Dahra RX. O espaçamento adotado para o cultivo de pimentão foi de 0,8 m entre linhas e 0,5 m entre plantas.

O sistema de irrigação adotado foi o por gotejamento, utilizando-se linhas de polietileno com 16 mm de diâmetro, com emissores espaçados de 0,50 m conforme o espaçamento entre plantas de pimentão, com vazão real aferida em 2,1 L h⁻¹ em cada planta e pressão de serviço a 5 mca. Por ocasião da avaliação da eficiência de aplicação do sistema, o qual apresentou coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) de 91,2%. O sistema de irrigação foi equipado com caixa d'água com capacidade volumétrica de 1.000 L com nível controlado por boia, linha de derivação, válvulas manuais, linhas laterais e conjunto motobomba de 0,75 cv. A água utilizada era proveniente de poço tubular.

O cálculo do consumo de água pela planta foi determinado a partir da evapotranspiração diária da cultura (ET_c), a partir da evapotranspiração de referência (ET_o), obtida pelo método do Tanque Classe "A", instalado no local do experimento e os dados foram coletados diariamente sempre às nove horas da manhã e depois inseridos em planilhas para estimar a ET_c. A ET_o foi multiplicada pelos valores de coeficientes de cultivos do pimentão (kc) propostos por Doorenbos e Kassam (1994), sendo 0,4; 0,7; 1,05 e 0,85 para as fases I, II, III e IV, respectivamente. Os regimes hídricos (lâminas de irrigação) foram aplicados conforme cada tratamento.

2.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em parcelas subdivididas com quatro regimes hídricos: 50%; 75%; 100% e 125% da ET_c (parcelas) e com quatro doses de polímero na forma de hidrogel: 0,0; 0,60; 1,20 e 2,40 g planta⁻¹ (subparcelas), com quatro repetições e três plantas úteis por unidade experimental, totalizando 192 plantas (Figura 1).

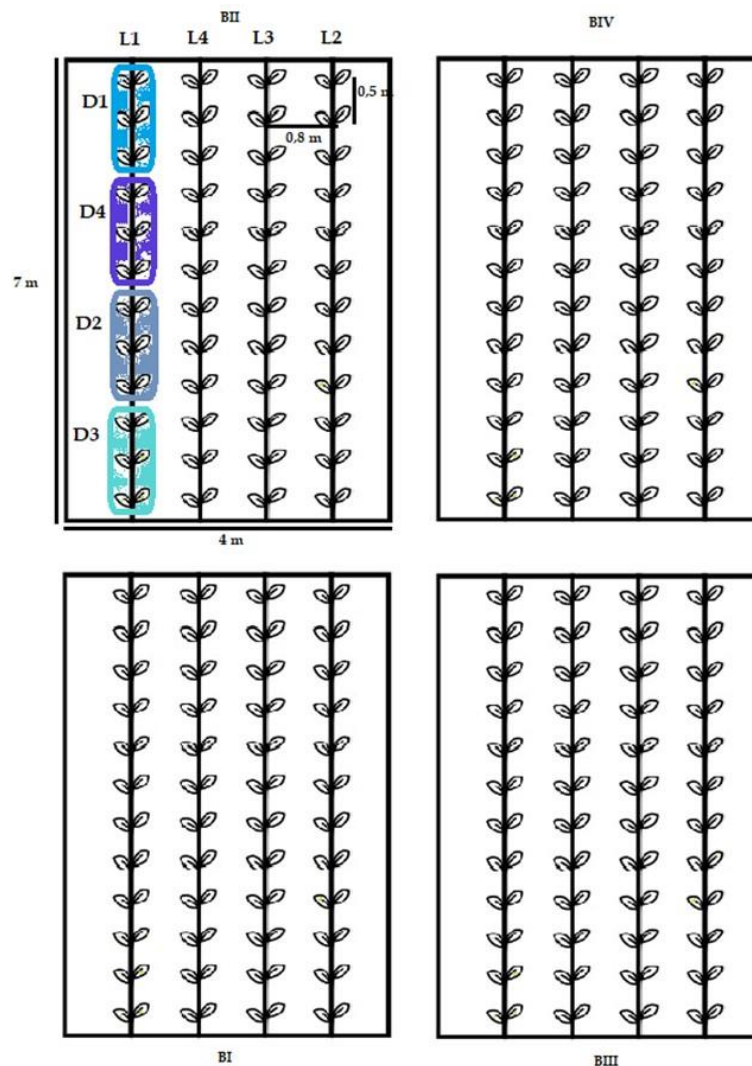


Figura 1. Croqui do experimento de pimentão Dahra RX em São Benedito, Ceará.

As diferentes lâminas de irrigação (regimes hídricos na parcela) foram aplicadas diariamente a partir de 25 dias após o transplântio (DAT). As doses do hidrogel a base de acrilamida e acrilato de potássio, foram aplicadas na cova, após hidratação por cerca de 10 minutos até expansão total. Em seguida, incorporadas ao solo em volta da raiz da planta, também aos 25 DAT, com o cuidado de se deixar

de cinco a oito centímetros abaixo da superfície do solo da cova, de modo que não houvesse perda do hidrogel por extravasamento por ocasião da expansão do polímero.

2.4 Variáveis analisadas

Para se verificar os efeitos dos regimes hídricos e do polímero na forma de hidrogel na planta de pimentão avaliou-se a umidade do solo antes da irrigação na camada em que foi inserido o hidrogel (0,0 – 0,15 m) aos 65, 73, 80 e 94 DAT. As trocas gasosas foram realizadas no período de maior demanda hídrica da planta de pimentão (70 DAT), período em que havia floração e formação de frutos. Esta análise foi executada entre 9:00 e 11:00 horas da manhã, em folhas totalmente expandidas de cada planta, utilizando-se o equipamento portátil de análises de trocas gasosas por meio de infravermelho (IRGA – Infrared Gas Analyzer) modelo LCpro-SD (ADC BioScientific Ltda.), cujas leituras foram realizadas na terceira ou quarta folha a partir do ápice da planta de pimentão, antes da irrigação.

Determinou-se na planta o potencial hídrico foliar (Ψ_w) na antemanhã (entre 4:30 e 5:30 horas), também aos 70 DAT com auxílio de uma bomba de pressão de Scholander, Soil-Moisture modelo 3005 (Scholander et al., 1965). Para esta operação foi selecionada e destacada uma folha totalmente expandida com bom estado fitossanitário do terço superior de cada planta, correspondente a cada tratamento. Aplicou-se uma pressão até que fosse observada a exsudação no corte feito no pecíolo da folha.

Aos 110 DAT, avaliou-se a produtividade de frutos (PROD) e estimou-se a eficiência do uso da água de irrigação (EUA) expressa em kg m^{-3} de água, calculada para todos os tratamentos por meio da razão entre a produção total de frutos em cada planta e a lâmina de água acumulada no ciclo (unidade de água consumida), conforme Silva et al., (2010) e Santos et al., (2014).

2.5 Análise dos dados

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade, ao teste F na análise de variância (ANOVA), todos a 5% de probabilidade e, também, a análise de regressão para as lâminas de irrigação e as doses de polímero na forma de hidrogel, utilizando o software SISVAR 5.6 (Ferreira,

2019). Além disso, as variáveis foram submetidas a análise de componentes principais (ACP) usando o software PAST 4.03 para examinar as correlações entre os tratamentos e se há sentido biológico, conforme Johnson e Wichern (1992).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Temperatura, umidade do solo e produtividade das plantas

Pela Figura 2, observa-se um aumento da temperatura até o mês de novembro atingindo uma máxima de 32,7 °C, geralmente, neste mês as temperaturas são mais elevadas com baixa umidade relativa (63,4%). A temperatura máxima oscilou entre 28,2 e 32,7 °C e a temperatura mínima entre 22,7 e 25,5 °C. A literatura recente reporta que a temperatura ideal para o cultivo de pimentão deve estar entre 16 e 30 °C, sem que ocorra queda das flores. Entretanto, as temperaturas máximas ocorridas em novembro (Figura 2), não provocaram abortamento de flores e/ou de frutos neste experimento.

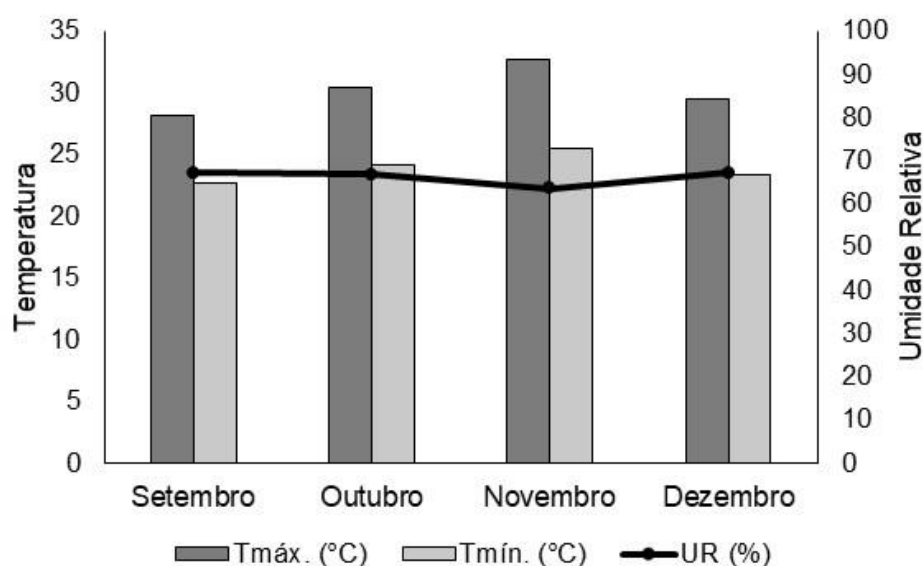


Figura 2. Temperatura máxima, mínima e umidade relativa no período de setembro a dezembro de 2022 em São Benedito, na área de cultivo de pimentão híbrido.

As umidades do solo para os regimes hídricos e as doses de hidrogel são apresentadas em um gráfico acumulativo (Figura 3). Os dados evidenciam uma variação das umidades em função dos tratamentos (irrigação e hidrogel). O maior regime hídrico (125% da ETc = 683 mm) isoladamente diferiu significativamente do menor regime hídrico aplicado (50% da ETc = 273 mm), cuja umidade foi

aumentando ao longo do ciclo do pimentão (Figura 3A) conforme os regimes hídricos, de modo igual, ocorreram para o hidrogel (Figura 3B). Observou-se que o menor regime hídrico (273 mm) manteve a água do solo numa faixa de 29,4 a 34,8%, por ser a média, possivelmente, este fato esteja associado a presença de hidrogel e o maior regime hídrico (683 mm) atingiu umidade de 37,7%, possivelmente, este fato esteja relacionado a irrigação diária do pimentão, considerando-se a evapotranspiração diária.

Os efeitos dos regimes hídricos e do hidrogel foram semelhantes, como é evidente pelos aumentos coincidentes no histograma (Figura 3), sugerindo que os eventos de irrigação associados aos tratamentos de hidrogel foram semelhantes para o conteúdo de água no solo franco arenoso na profundidade de 0,0 – 0,15 m. Observou-se que para os diferentes tratamentos, a umidade do solo variou de 29,8% (dose controle) a 39% para 2,4 g de hidrogel (Figura 3B), diferindo estatisticamente pelo teste Tukey, além disso, observou-se um aumento gradativo de umidade do solo conforme incremento das doses de hidrogel. Resultados semelhantes foram reportados por Oliveira et al. (2004) e observaram que a dose de hidrogel de 2 g kg⁻¹ de solo aumentou a umidade em 40% (franco-argiloso-arenoso) e em 35% (argiloso). Isso pode estar relacionado ao fato de que o hidrogel ajuda a manter a água por mais tempo no solo, conseqüentemente, aumenta a tolerância das plantas à seca (Albalasmeh et al., 2022), especialmente em regiões com disponibilidade água reduzida.

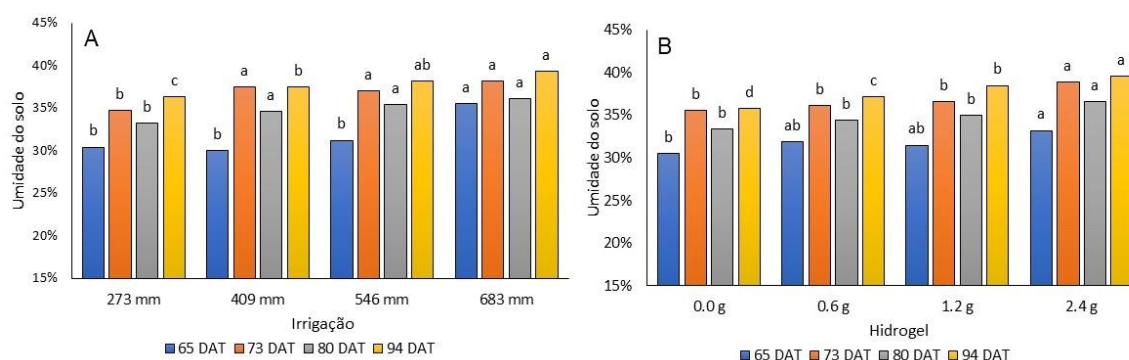


Figura 3. Histograma acumulativo de umidade do solo franco arenoso para os regimes hídricos e hidrogel para as quatro leituras na profundidade de 0 – 0,15 m: A) regimes hídricos B) tratamentos com hidrogel no cultivo de pimentão. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As umidades observadas também para os tratamentos com hidrogel, resultam em valores elevados, porém, sem afetar negativamente o

desenvolvimento do pimentão Dahra RX. Tal comportamento, também, se devem a presença de 14,15% de silte e 11,62% de argila, além de 51% de poros neste solo, portanto, estas propriedades podem favorecer a retenção de água, associado a presença de hidrogel, pois conforme Schattman et al. (2023), as características físicas do solo afetam as relações solo-água-planta.

Depreende-se que o hidrogel garante o aumento a manutenção do teor de água no solo, conseqüentemente, melhora a disponibilidade de água às plantas, tal fato, reflete na melhoria da produtividade de pimentão. Conforme Navroski et al. (2016), o hidrogel adicionado ao solo possibilita maior capacidade real de água no sistema, assim, Beniwal et al. (2010), complementam que o solo tratado com hidrogel pode amenizar os efeitos de algum estresse sobre as plantas.

Resultados semelhantes foram reportados por Akhter et al. (2011), que concluíram que o hidrogel aumentou a capacidade do solo de reter água, o que ajudou no crescimento das plantas. Ademais, o fenômeno da hidratação constante do polímero no solo pela irrigação diária pode também justificar o aumento gradativo do teor de água no solo acima da capacidade de campo. Conforme Albalasmeh et al. (2022), concentrações de hidrogel afetam e aumentam amplamente a quantidade de água retida no solo de textura arenosa. Portanto, a aplicação de hidrogel poderia reduzir os tempos de irrigação e ajudar as culturas a resistir à seca e às irregularidades nas chuvas em regiões semiáridas (Guo et al., 2020).

Deste modo, o hidrogel se apresenta como potencial para seu uso em áreas onde a irrigação é limitada e, portanto, é fundamental armazenar mais água disponível para o estabelecimento das plantas (Abedi-Koupai; Sohrab & Swarbrick, 2008). Pois o hidrogel absorve e armazena água centenas de vezes o seu próprio peso, 400 a 1600 g de água por grama seca de hidrogel (Suresh et al., 2018). Por fim, justifica-se o uso de 2,4 g planta⁻¹ de hidrogel em solo franco arenoso associado a irrigação diária sem ocorrência de percolação profunda da água na camada de 0 – 0,15 m.

O efeito isolado das doses de hidrogel sobre a produtividade de pimentão, resultou em um comportamento linearmente crescente de 6,8 t ha⁻¹ para cada aumento da dose de hidrogel aplicada, cujo aumento foi de 28,4% comparado a dose controle, atingindo a uma produtividade máxima de 77,4 t ha⁻¹ (Figura 4).

Porém, não houve efeito significativo das lâminas de irrigação sobre esta variável, possivelmente, o hidrogel tenha anulado o efeito dos regimes hídricos sobre a produtividade, também não houve interação significativa entre os fatores. Ressalte-se ainda que isso pode estar associado a um aumento do número de frutos em função do hidrogel. Este achado indica que o uso de polímero hidrorretentor na forma de hidrogel, pode auxiliar no aumento da produtividade da cultura do pimentão em condições de irrigação deficitária. Estes resultados foram superiores aos encontrados por Sezen et al. (2015), pois estes autores observaram maior produtividade de pimentão na irrigação de 100% (47,8 t ha⁻¹), já nas de 50 e de 75% observaram-se 36 e 47,2 t ha⁻¹, respectivamente. Depreende-se que a dose de 2,4 g tem efeito na disponibilidade de água à planta na fase de crescimento e para garantir um bom o rendimento em pimentão.

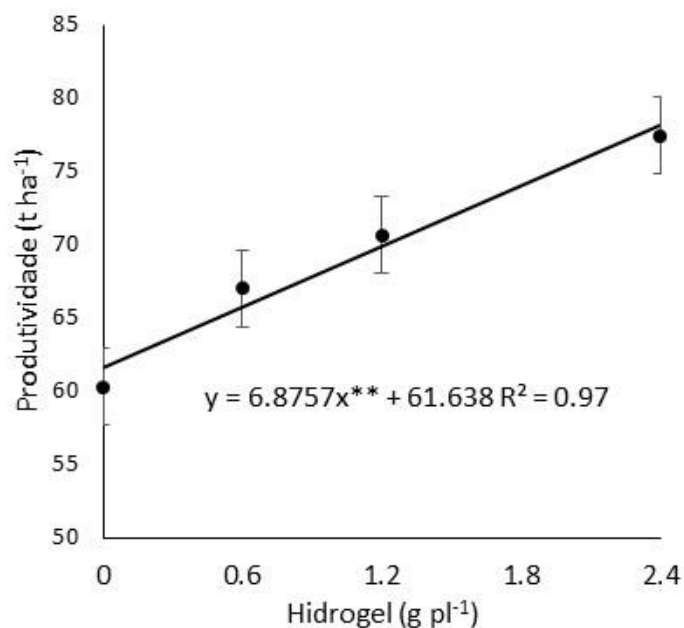


Figure 4. Produtividade de pimentão aos 110 DAT submetido a diferentes doses de hidrogel em campo aberto. **, significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Ao estudar a produtividade de pimentão Carliston sob diferentes níveis de irrigação, Kara e Yıldırım (2015) encontram rendimentos máximo de 21,57 t ha⁻¹, para a lâmina de irrigação correspondente a 80% da ETc. Por outro lado, Padrón et al. (2015) reportaram produtividade máxima de 34,2 t ha⁻¹ com aproximadamente 70% da ETc em campo aberto. Tais resultados diferem dos encontrados na presente pesquisa devido as características genéticas de cada material, bem como

as condições de manejo em cada experimento, tal como o uso de hidrogel associada a irrigação, assim, pôde melhorar a disponibilidade de água e seu uso eficiente no cultivo de pimentão híbrido Dahra RX, portanto, aumentando o rendimento desta cultura sob hidrogel (Figura 4). O uso de informações relacionadas à produtividade é importante no manejo estratégico da água e para o planejamento da irrigação, associada ao uso de condicionador de solo tal como polímero na forma de hidrogel, com real capacidade de auxiliar no incremento de rendimentos das culturas.

Os resultados de produtividade achados na presente pesquisa são superiores aos encontrados por produtores locais. Isso se deve a uma eficiência do uso da água de irrigação, associada a eficiência de aplicação dos adubos mineralizados fornecidos em dosagens e tempo apropriado, bem como os tratos de condução da planta, conseqüentemente, melhorou a produtividade do pimentão (Figura 4), além disso, destaca-se o material genético (híbrido Dahra RX). Ademais, tal processo pode ter sido influenciado pela maior retenção de água no solo com a presença do hidrogel (Figura 3), pois Navroski et al. (2016) reportaram que houve melhoria das características químicas do substrato com a adição de hidrogel, bem como a disponibilidade de nutrientes às mudas de espécies florestais. Em suma, o hidrogel parece ter cumprido esta função. Em acordo com Padrón et al. (2015) é necessário o fornecimento uniforme de água no solo durante o crescimento para garantir uniformidade no tamanho dos frutos e para melhorar a produção.

3.2 Condutância estomática, potencial hídrico foliar e eficiência do uso da água

A deficiência hídrica em plantas cultivadas influencia diretamente tanto no crescimento quanto nas características fisiológicas como por exemplo, diminuindo a taxa fotossintética (A) e a condutância estomática (g_s) conforme Ramos et al., (2021). Gao et al. (2020) complementam que o estresse hídrico altera os fatores morfofisiológicos e bioquímicos, mas, na presente pesquisa de forma geral não foi possível perceber estas alterações morfológicas e/ou fisiológicas sobre as plantas submetidas a irrigação deficitária associadas ao hidrogel. Por exemplo, as trocas gasosas medidas aos 70 DAT através de IRGA não sofreram influência significativa

($p \geq 0,05$), exceto, a condutância estomática (g_s) que foi influenciada isoladamente pelo hidrogel.

Este achado, reflete a ausência do déficit hídrico no momento da leitura (lâmina de 273,2 mm para 50% da ETc) sobre as plantas de pimentão durante seu ciclo. Isto é, possivelmente, as doses de hidrogel tenham surtido efeito positivo para as lâminas de irrigação deficitária (50% e 75% da ETc), ou seja, permitiu a disponibilidade de água às plantas, haja visto que não interferiu o aparato fotossintético do pimentão, conseqüentemente não reduziu suas características fisiológicas incluindo a taxa fotossintética, bem como as variáveis morfológicas e produtividade final, fato que pode estar associada também a irrigação diária favorecendo a hidratação constante do polímero para a ocorrência do armazenamento e disponibilidade de água no solo.

De acordo com Taiz et al. (2017), a redução da perda de água pelo processo de transpiração é fundamental para que a planta se mantenha hidratada e controle térmico foliar. Segundo Dutra et al. (2015), a redução da condutância estomática e a menor transpiração resultam numa menor perda de água, favorecendo maior tolerância das plantas ao estresse. Deste modo, observou-se que a transpiração medida aos 70 DAT (período de floração e formação de frutos) não apresentou diferenças estatísticas aos tratamentos com regimes hídricos ou com hidrogel, possivelmente porque o uso do polímero hidrorretentor juntos a reposição de água diária mesmo com déficit tenha permitido que as plantas de pimentão realizassem transpiração normalmente neste estágio vegetativo, no dia que foi realizada a leitura aos 70 dias.

Saliente-se que a abertura dos estômatos se elevou à medida em que se aumentou as doses de polímero hidrorretentor, cuja dose de 2,4 g proporcionou maior abertura dos estômatos ($0,281 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) com aumento de 30% comparado a dose controle (Figura 5). É sabido que a abertura e os fechamento dos estômatos controlam as entradas e saídas de CO_2 e H_2O nas folhas, tais processos podem ser medidos pela leitura da condutância estomática (g_s) nas plantas, portanto, justifica a expressividade dos resultados morfológicos de pimentão avaliados nesta pesquisa, especialmente na dose 2,4 g de hidrogel, bem como a melhoria da eficiência do uso da água nas menores lâminas de irrigação, permitindo que a planta executasse seus processos fisiológicos corretamente, uma

vez que, o movimento estomático da planta está relacionado com a disponibilidade de água. Pois, sob déficit hídrico as plantas fecham seus estômatos como resposta a falta de água para reduzir a transpiração e evitar perda de água para a atmosfera (Hernandez-Santana et al., 2016), provavelmente, por isso que não houve significância estatística da transpiração aos diferentes regimes hídricos testados na presente pesquisa.

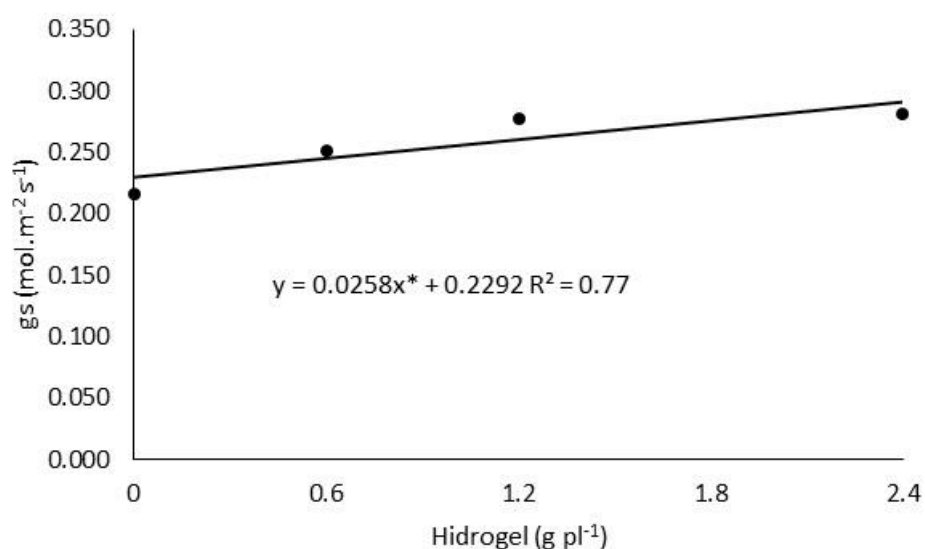


Figura 5. Condutância estomática (g_s) aos 70 DAT em folhas de plantas de pimentão em campo aberto submetidas a doses de hidrogel. *, significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

O déficit hídrico provoca vários efeitos negativos em plantas sensíveis, dentre eles a diminuição do potencial hídrico foliar, porém, estes efeitos nas plantas de pimentão foram quase que imperceptíveis ou praticamente estáveis aos 70 DAT, pois houve um decréscimo atingindo apenas $-0,0064$ MPa numa tendência para diminuição das lâminas de irrigação (273,2 mm) e ausência das doses de hidrogel (Figura 6). A partir desta interação simultânea das lâminas de irrigação com doses de hidrogel foi observado que o potencial hídrico na folha de pimentão mostrou uma tendência de elevação com o aumento das lâminas de irrigação até atingir 571,7 mm em até 2,4 g de hidrogel com valor máximo de $-0,0042$ MPa. Esse comportamento justifica o valor máximo da condutância estomática observado na dose de 2,4 g de hidrogel (Figura 5), indicando que existe alto teor de água da folha (turgidez) na folha de pimentão, portanto, ausência de déficit hídrico na planta apesar da irrigação deficitária diariamente, evidenciando que uso de polímero

hidrorretentor de fato melhorou o transporte de água das raízes para a parte aérea do pimentão.

De acordo com Taiz et al. (2010), tal fato permitiu que houvesse capacidade da planta sintetizar e acumular solutos para serem utilizados nos momentos de baixa disponibilidade de água para reduzir o potencial hídrico e manter a hidratação da célula. É interessante ressaltar que o potencial hídrico em função das lâminas de irrigação, seguiu o mesmo comportamento da condutância estomática, pois conforme Atteya (2003), a redução na condutância está associada ao declínio no potencial hídrico. Por fim, logicamente isso resultará em uma menor taxa de transpiração.

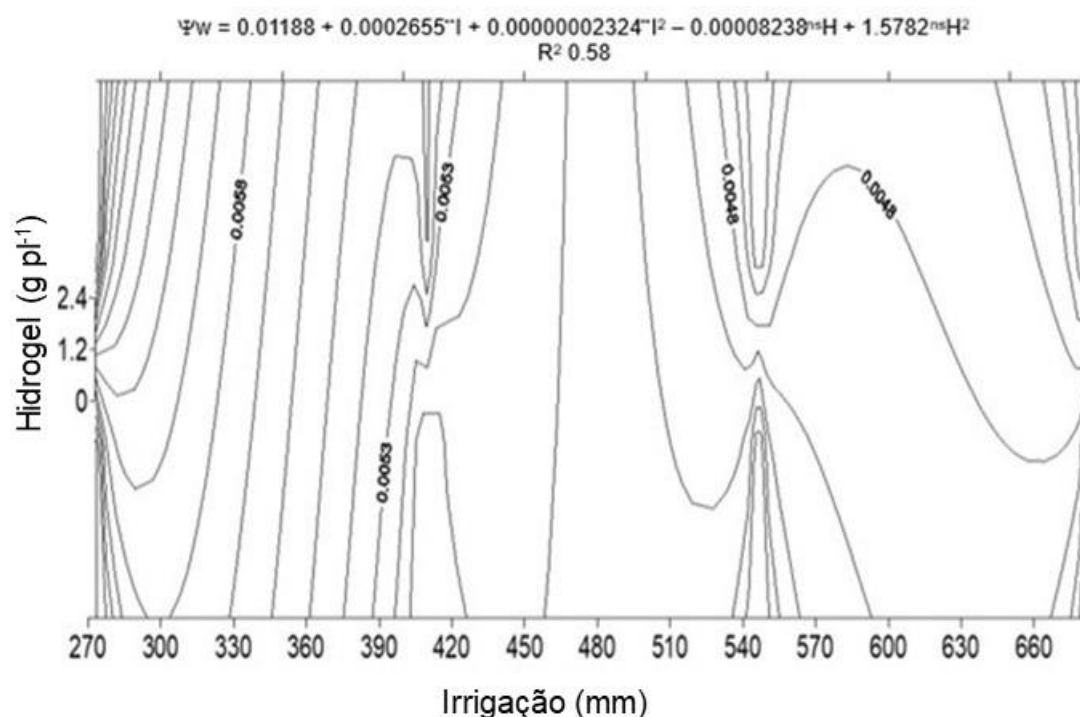


Figura 6. Efeito da interação entre os fatores lâminas de irrigação e doses de hidrogel para o potencial hídrico foliar (Ψ_w) aos 70 DAT em de plantas de pimentão em campo aberto.

A eficiência do uso da água (WUE) sofreu influência significativa ($p < 0,01$) isoladamente do regime hídrico, com média geral de produção de $5,82 \text{ kg m}^{-3}$ de água. O aumento da lâmina de água aplicada no ciclo de 110 dias promoveu redução de 58,4% do uso eficiente da água até atingir $3,65 \text{ kg m}^{-3}$ na lâmina de 683,1 mm correspondente a 125% da ET_c (Figura 7). Em contrapartida, o maior valor de WUE foi igual a $8,79 \text{ kg m}^{-3}$ de água para 273,2 mm em 50% da água

evapotranspirada, ou seja, a eficiência do uso da água foi melhorada nas condições de irrigação deficitária sobre as plantas de pimentão. Isso significa uma resposta satisfatória do pimentão híbrido Dahra RX as condições de baixa disponibilidade hídrica aqui testada, indicando que a planta usou eficientemente água recebida para promover produção de fitomassa e boa produtividade. A redução da WUE com aumento das lâminas de irrigação, possivelmente se deve a perda de água pela baixa capacidade de armazenamento na zona radicular ou lixiviação de nutrientes neste solo franco arenoso promovida pelo excesso de água por ocasião da irrigação (Mantovani et al., 2013).

A partir de uma óptica sobre gestão de água, Marouelli & Silva (2012) afirmaram que a demanda hídrica do pimentão é em torno de 450 a 650 mm, dependendo do sistema de manejo, do ciclo e do sistema de irrigação adotado. Acrescente-se a isso que para um sistema de irrigação por gotejamento com aplicação de água com menos de 546,45 mm (100% da ETc) associada ao uso de polímero hidrorretentor (2,4 g) para condições de campo aberto, conclui-se que há uma eficiência do uso da água, resultando em economia de água na cultura do pimentão para um ciclo de 110 dias.

Considerando que o pimentão foi cultivado em campo aberto durante a estação seca, conforme Waraich et al. (2011), é muito relevante a melhoria da eficiência do uso da água na agricultura, sendo esta, uma técnica importante para aliviar a escassez de água. Portanto, tendo em vista que a maior produtividade (77,4 t ha⁻¹) foi observada com maior dose de hidrogel (2,4 g planta⁻¹). Cabe ao produtor associar o uso de polímero hidrorretentor na forma de hidrogel para melhorar a disponibilidade e economia hídrica, atentando-se aos custos da água e do hidrogel para a produção de pimentão cv. híbrido Dahra RX em condições de baixa disponibilidade de água.

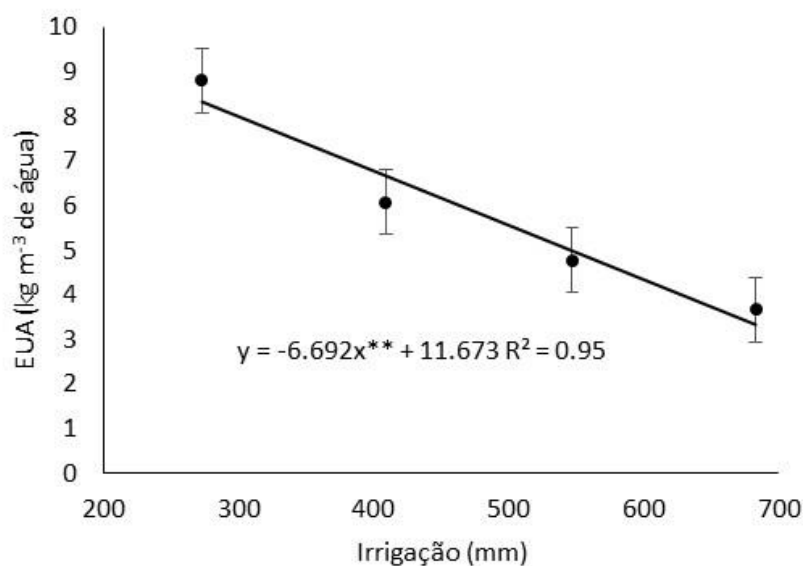


Figura 7. Eficiência do uso da água (WUE) em função de diferentes regimes hídricos para o cultivo de pimentão em campo aberto. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Resultados similares foram observados em pimentão cv. Carliston por Kara & Yildirim (2015), cujos os valores de WUE obtidos foram 6,0; 4,1; 3,6; 2,7 e 2,1 kg m⁻³ de água para as lâminas correspondentes a 20, 50, 80, 100 e 120% da ET_c, respectivamente. Deste modo, os resultados da presente pesquisa ratificam os encontrados por Padrón et al. (2015), no cultivo de pimentão sob regimes hídricos diferentes. Os autores também notaram redução da produtividade da água com aumento das lâminas de irrigação. Os achados aqui, corroboram parcialmente aos encontrados por Sezen et al. (2015) que anteriormente relataram a produtividade da água variando de 6,9 a 5,7 kg m³ de água para uma lâmina de 570,4 mm em todo ciclo da cultura do pimentão com intervalo de 3 a 6 dias.

Por fim, considerando a necessidade de água do pimentão conforme Marouelli & Silva (2012) de até 650 mm no ciclo curto e podendo atingir 1.200 mm no ciclo longo (Marouelli & Silva, 2012), portanto, os resultados encontrados na presente pesquisa, por Sezen et al., (2015) e por Padrón et al. (2015), evidenciam que o consumo de água na produção de pimentão pode ser reduzido para 681 mm para um ciclo de 110 dias sem afetar drasticamente a produtividade, especialmente, associado com hidrogel.

3.3 Análise de componentes principais para as respostas dos parâmetros medidos em pimentão sob regimes hídricos e polímeros hidrorretentor

As associações entre as variáveis analisadas no pimentão Dahra RX por meio da análise de componentes principais estão apresentadas na Figura 8. O componente 1 explica 52,4% e o componente 2 explica 28,2%, totalizando 80,6% das variações totais dos parâmetros analisados sob regimes hídricos e doses de polímero hidrorretentor (hidrogel).

A eficiência do uso da água (WUE) se distanciou das maiores lâminas de irrigação, indicando uma maior associação com a lâmina de irrigação com déficit (50% da ETc = 273,22 mm) evidenciando assim, que a WUE é importante para o pimentão sob condições de irrigação deficitária, ratificando o que já foi discutido a respeito da Figura 7. A massa fresca da parte aérea (MFPA), o número de frutos (NF) e o peso médio do pimentão (PMF) têm alta associação com as irrigações de 100% (546,4 mm) e 125% (683,1 mm) da ETc, isto é, a produção de fitomassa depende de água disponível no solo. Por outro lado, as variáveis fisiológicas como taxa fotossintética (A), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (Ci) e condutância estomática (gs) estão associadas as doses de 1,2 e 2,4 g de hidrogel, o que justifica a estabilidade dessas variáveis, tal comportamento, possivelmente esteja relacionada com a disponibilidade de água no solo associado com estas doses de hidrogel, ou seja, o polímero hidrorretentor cumpre a função de reter e disponibilizar água às plantas.

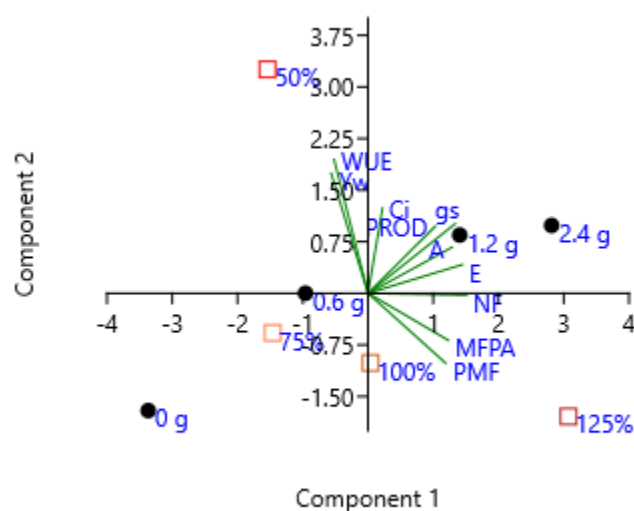


Figura 8. Scatter plot para os dois primeiros componentes das diferentes variáveis analisadas no pimentão sob regimes hídricos e doses de hidrogel. As variáveis número de frutos por planta (NF), peso médio de frutos (PMF), produtividade (PROD), massa fresca parte área (MFPA); eficiência do uso da água (WUE), carbono interno (Ci), taxa fotossintética (A), Transpiração (E), condutância estomática (gs) e potencial hídrico foliar (Ψ_w).

Vale reportar que o tratamento controle (0 g de hidrogel) por estar isolado, não apresenta nenhuma associação entre as variáveis medidas, assim como a dose 0,6 g de hidrogel. A produtividade do pimentão (PROD) ficou no mesmo quadrante das variáveis fisiológicas, possivelmente há uma associação dependendo da WUE com o uso de hidrogel, cujas doses entre 1,2 e 2,4 g planta⁻¹, como forma de manter a produtividade do pimentão como visto na Figura 4. Deste modo, corroborando a importância de alternativas como o uso de polímeros na forma de hidrogel para melhoria da economia de água no cultivo de pimentão cv. Dahra RX em solo franco arenoso.

4. CONCLUSÃO

Os resultados revelaram que o uso de hidrogel em até 2,4 g por planta no cultivo de pimentão cv. Dahra RX, permite incremento de produtividade de frutos em campo aberto, indicando uma alternativa para utilizá-lo associado a irrigação deficitária no caso de regiões com restrições de água para irrigação.

O hidrogel sustenta o desempenho produtivo de pimentão de 77,4 t ha⁻¹ durante 110 dias sob irrigação deficitária em solo franco arenoso com lâmina total de água acumulada de 681 mm, melhorando a eficiência do uso da água de irrigação no pimentão em campo aberto.

5. REFERÊNCIAS

ABEDI-KOUPAI, J., SOHRAB, F., & SWARBRICK, G. Evaluation of Hydrogel Application on Soil Water Retention Characteristics. **Journal of Plant Nutrition**, v. 31, n. 2, 317-331, 2008. doi:10.1080/01904160701853928

AKHTER, J., MAHMOOD, K., MALIK, K. A., MARDAN, A., AHMAD, M., & IQBAL, M. M. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. **Plant, Soil and Environment**, v. 50, n. 10, 463–469, 2011. doi:10.17221/4059-pse

ALBALASMEH, A. A., MOHAWESH, O., GHARAIBEH, M. A., ALGHAMDI, A. G., ALAJLOUNI, M. A., & ALQUDAH, A. M. Effect of hydrogel on corn growth, water use efficiency, and soil properties in a semi-arid region. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 21, n. 8, 518–524, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2022.03.001>

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, 711-728, 2014. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ATTEYA, A. M. Alteration of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, v. 29, n. 1, 63-76, 2003. http://obzor.bio21.bas.bg/ipp/gapbfiles/v-29/03_1-2_63-76.pdf

BARAN, A., ZALESKI, T., KULIKOWSKI, E., & WIECZOREK, J. Hydrophysical and biological properties of sandy substrata enriched with hydrogel. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 24, n. 6, 2355-2362, 2015.

BENIWAL, R. S., LANGENFELD-HEYSER, R., & POLLE, A. Ectomycorrhiza and hydrogel protect hybrid poplar from water deficit and unravel plastic responses of xylem anatomy. **Environmental and Experimental Botany**, v. 69, n. 2, 189-197, 2010. doi: 10.1016/j.envexpbot.2010.02.005

BOWMAN, D. C., & EVANS, R. Y. Calcium inhibition of polyacrylamide gel hydration is partially reversible by potassium. **HortScience**, v. 26, n. 8, 1063–1065, 1991.

CERMEÑO, Z. S. **Estufas - instalações e manejo**. Lisboa. Litexa Editora, Ltda. 1990, 355 p.

DOORENBOS, J., & KASSAM, A. H. **Yield Response to Water, Irrigation and Drainage**, Paper 33. FAO, 1986.

DOORENBOS, J., & KASSAM, R. M. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: FAO, 1994. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33).

DUTRA, A. F., MELO, A. S., FILGUEIRAS, L. M. B., SILVA, A. R. F., OLIVEIRA, I. M., & BRITO, M. E. B. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista brasileira de ciências agrárias**, v. 10, n. 2, 189-197, 2015. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i2a3912>

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. 3ed. Rio de Janeiro, 2017. 212p.

ENGLISH, M. J., SOLOMON, K. H., & HOFFMAN, G. J. A Paradigm Shift in Irrigation Management. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 128, n. 5, 267–277, 2002.

FATHI, A., & TARI, D. B. Effect of Drought Stress and its Mechanism in Plants. **International Journal of Life Sciences**, v. 10, n. 1, 16, 2016. doi:10.3126/ijls.v10i1.14509

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, 529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

GAO, S., WANG, Y., YU, S., HUANG, Y., LIU, H., CHEN, W., & HE, X. Effects of drought stress on growth, physiology and secondary metabolites of Two Adonis species in Northeast China. **Scientia Horticulturae**, v. 259, 108795, 2020. <https://doi:10.1016/j.scienta.2019.108795>

HATFIELD, J. L., & DOLD, C. Water-Use Efficiency: Advances and Challenges in a Changing Climate. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 103, 2019. doi:10.3389/fpls.2019.00103

HERNANDEZ-SANTANA, V., RODRIGUEZ-DOMINGUEZ, C. M., FERNÁNDEZ, J. E., & DIAZ-ESPEJO, A. Role of leaf hydraulic conductance in the regulation of stomatal conductance in almond and olive in response to water stress. **Tree Physiology**, v. 36, n. 6, 725-735, 2016. doi:10.1093/treephys/tpv146

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil municipal 2017 de São Benedito**, Ano I, Fortaleza, 2017, 17p.

JOHNSON, M. S. Effect of soluble salts on water absorption by gel-forming soil conditioners. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 35, 1063–1066, 1984.

JOHNSON, R. A., & WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 3th. Ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Intern. 1992. 642p.

KARA, H. O., & YILDIRIM, M. Water and radiation use efficiencies of pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Carliston). **Scholars J. Agric. Vet. Sci.** 2(2): 87-93, 2015.

LEAL, Y. H., MOURA, J. G., SILVA, T. I., DIAS, T. J., LEAL, M. P. S., & RIBEIRO, J. E. S. Yield and morphological attributes of bell pepper fruits under biological fertilizers and application times. **Revista Ceres**, v. 67, n. 5, 374-382, 2020. <https://doi.org/10.1590/0034-737X202067050005>

LOPES, S. M., ALCANTRA, E., REZENDE, R. M., & FREITAS, A. S. Avaliação de frutos de pimentão submetidos ao ensacamento no cultivo orgânico. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 1-11, 2018. <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v16i1.4922.g10951103>

MANCOSU, N., SNYDER, R. L., KYRIAKAKIS, G., & SPANO, D. Water scarcity and future challenges for food production. **Water**, v. 7, n. 3, 975-992, 2015.

<https://doi.org/10.3390/w7030975>

MANTOVANI, E. C., DELAZARI, F. T., DIAS, L. E., ASSIS, I. R., VIEIRA, G. H. S., & LANDIM, F. M. Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 31, 602-606, 2013.

MARQUELLI, W. A., & SILVA, W. L. C. **Irrigação na cultura do pimentão**.

Circular Técnica – Embrapa. Brasília, DF, ed 1, 2012.

NAVROSKI, M. C., ARAÚJO, M. M., PEREIRA, O. M., & FIOR, C. S. Influência do polímero hidroretentor nas características do substrato comercial para produção de mudas florestais **Interciencia**, v. 41, n. 5, 357-361, 2016.

<https://www.redalyc.org/pdf/339/33945552012.pdf>

OLIVEIRA, R. A., REZENDE, L. S., MARTINEZ, M. A., & MIRANDA, G. V.

Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 160-163, 2004.

PADRÓN, R. A. R., GUEDES, J. V. C., SWAROWSKY, A., NOGUEIRA, C. U., CERQUERA, R. R., & DÍAZ-PEREZ, J. C. Supplemental irrigation levels in bell pepper under shade mesh and in open-field: crop coefficient, yield, fruit quality and water productivity. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 44, 4117-4125, 2015. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.1034>

PALARETTI, L. F. **Estimativa da evapotranspiração do tomateiro em dois sistemas de condução**. 75f, 2002. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEREIRA, A. I. A., GUIMARÃES, J. J., COSTA, J. V., CANTUÁRIO, F. S., SALOMÃO, L. C., OLIVEIRA, R. C., & LUZ, J. M. Q. Growth of sweet pepper plants submitted to water tensions in soil and potassium silicate doses. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1, 082-088, 2019. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620190113>

RAMOS, A., COSTA, R. R. B., SANTOS, M. S., PEREIRA, N. E., SANTOS, F. O., & PÓVOAS, C. E. Leaf gas exchange and productions components of chilli peppers (*Capsicum frutescens*) subjected to different soil water tensions in the south of Bahia. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 4, 5477–5489, 2021. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-048>

SANTOS, J. C. C. D., SALOMÃO, L. C., SILVA, L. F. V. D., OLIVEIRA, R. F. D., CANTUÁRIO, F. S. D., & PEREIRA, A. I. D. A. Utilização de polímero hidroretentor e lâminas de irrigação para racionalização de recursos hídricos no cultivo do pimentão. **Irriga**, v. 27, n. 2, 408–418, 2022. doi: 10.15809/irriga.2022v27n2p408-418.

SANTOS, W. O., ESPÍNOLA SOBRINHO, J., MEDEIROS, J. F., MOURA, M. S., & NUNES, R. L. C. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Irriga**, v. 19, n. 4, 559-572, 2014. <https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n4>

SCHATTMAN, R. E., JEAN, H., FAULKNER, J. W., MADEN, R., MCKEAG, L., NELSON, K. C., GRUBINGER, V., BURNETT, S., ERICH, M. S., & OHNO, T. Effects of irrigation scheduling approaches on soil moisture and vegetable production in the Northeastern U.S.A. **Agricultural Water Management**, v. 287, n. 1, 108428, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108428>

SCHOLANDER, P. F., BRADSTREET, E. D., HEMMINGSEN, E. A., & HAMMEL, H. T. Sap Pressure in Vascular Plants: Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. **Science**, v. 148, n. 3668, 339-346, 1965. doi:10.1126/science.148.3668.339

SEZEN, M. S., YAZAR, A., TEKIN, S., EKER, S., & KAPUR, B. Yield and quality response of drip-irrigated pepper under Mediterranean climate conditions to various water regimes. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 8, 1329-1339, 2011. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/92938>

SEZEN, S. M., YAZAR, A., ŞENGÜL, H., BAYTORUN, N., DAŞGAN, Y., AKYILDIZ, A., TEKIN, S., ONDER, D., AĞÇAM, E., AKHOUNDNEJAD, Y., & GÜGERCİN, Ö. Comparison of drip-and furrow-irrigated red pepper yield, yield components, quality and net profit generation. **Irrigation and Drainage**, v. 64, n. 6, 546-556, 2015. <https://doi.org/10.1002/ird.1915>

SILVA, A. R. A., BEZERRA, F. M. L., SOUSA, C. C. M., PEREIRA FILHO, J. V., & FREITAS, C. A. S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, 57-64, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000100008>

SILVA, C. D. S., SANTOS, P. A. A., LIRA, J. M. S., SANTANA, M. C., & SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, 7-13, 2010. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237116350002>

SOUSA, V. F., MAROUELLI, W. A., COELHO, E. F., PINTO, J. M., & COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, 2011, 771 p.

SOUZA, Á. H. C., REZENDE, R., LORENZONI, M. Z., SANTOS, F. A. S., & OLIVEIRA, J. M. Response of bell pepper to water replacement levels and irrigation times. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e53662, 1-7, 2019. <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v49e53662>

TAIZ, L., ZEIGER, E., MØLLER, I. M., & MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

WARAICH, E. A., AHMAD, R., ASHRAF, M. Y., SAIFULLAH, & AHMAD, M. Improving agricultural water use efficiency by nutrient management in crop plants. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science**, v. 61, n. 4, 291-304, 2011. doi:10.1080/09064710.2010.491954

YANG, H., DU, T., QIU, R., CHEN, J., WANG, F., LI, Y., WANG, C., GAO, L., & KANG, S. Improved water use efficiency and fruit quality of greenhouse crops under regulated deficit irrigation in northwest China. **Agricultural Water Management**, v. 179, n 1, 193-204, 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.05.029>

YU, L., GAO, X., & ZHAO, X. Global synthesis of the impact of droughts on crops' water-use efficiency (WUE): Towards both high WUE and productivity. **Agricultural Systems**, v.177, 102723, 2020. doi:10.1016/j.agry.2019.102723

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em ambiente protegido, o uso de hidrogel associado ao regime hídrico de 132,8 – 332,1 mm durante 110 dias de cultivo, apresenta efeito positivo sobre o desenvolvimento do pimentão cv. Dahra RX, pois, as variáveis morfológicas das plantas de pimentão responderam positivamente aos regimes hídricos diários e as doses de hidrogel de 0,0 – 2,4 g planta⁻¹, sem evidenciar déficit hídrico, que resultou em melhoria da produtividade total (119,5 t ha⁻¹) com demanda hídrica de 332,1 mm, condição adequada para regiões de veranicos recorrentes.

No cultivo de pimentão em campo aberto as doses de hidrogel também provocaram aumento de produtividade total de frutos, atingindo 77,4 t ha⁻¹. Além disso, vale ressaltar que a primeira hipótese aventada nesta pesquisa foi confirmada, pois para o cultivo de pimentão cv. Dahra RX com hidrogel o produtor pode reduzir o volume de água aplicado via irrigação, tanto em ambiente protegido quanto em campo aberto: uma faixa de 332,1 a 680 mm, respectivamente, durante o cultivo de 110 dias, cujo manejo deve ser realizado com base na evapotranspiração da cultura, proporcionando produtividades satisfatórias para a região da Ibiapaba-CE. Contudo, faz-se necessário mais investigações com vistas a determinar a dose tecnicamente ideal para ser aplicada em solos de textura arenosa.

Os resultados evidenciaram que o hidrogel é mais eficaz em cultivo a campo em solos arenosos, pois demonstrou que este polímero hidrorretentor na forma de hidrogel ajuda a manter a água por mais tempo no solo para o desempenho das plantas e aumentando a tolerância à seca.

Por fim, os resultados sugerem a utilização de hidrogel nos agrossistemas da Ibiapaba, especialmente em situações de baixa disponibilidade de água para irrigação, principalmente em cultivo de pimentão em solos de textura arenosa, tanto em ambiente protegido quanto em campo aberto, atentando-se para o manejo correto da irrigação, haja visto que as produtividades aqui estimadas para os dois ciclos produtivos, são superiores ou iguais as alcançadas pela minoria dos produtores de pimentão da região, dependendo do nível tecnológico adotado.