

USO DO HIDROGEL NO CULTIVO DE *Peperomia obtusifolia* EM SUBSTRATO COM DIFERENTES CAPACIDADES DE RETENÇÃO DE ÁGUA

USE OF HYDROGEL IN THE CULTIVATION OF *Peperomia obtusifolia* IN SUBSTRATE WITH DIFFERENT WATER RETENTION CAPACITIES

Pablo Eanes Cocco Rodrigues¹, Alexandre Swarowsky², Marcelo Lovato Brum³,
Fernanda Alice Antonello Londero Backes⁴, Juliano Dalcin Martins⁵,
Janine Farias Menegaes⁶ e Wellington Mezzomo⁷

RESUMO

O cultivo de plantas ornamentais em ambiente protegido requer uma série de cuidados, com o fluxo de energia, entre eles manejo da temperatura e do fornecimento de água e nutrientes, considerados fatores-chave no sucesso da atividade. Porém, essas plantas consomem grande quantidade de água no decorrer do ciclo, tornando necessária a melhoria na eficiência de água e nutrientes. Diante disso, o hidrogel ou polímeros hidroabsorventes são condicionadores de solo cuja principal característica de interesse é o rápido poder de absorção de água e nutrientes e liberação desses recursos de maneira controlada. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a resposta proporcionada por quatro doses de hidrogel (0, 20, 40 e 60 g L⁻¹) para diferentes capacidades de retenção de água (CRV) do substrato (25, 50, 75 e 100 % CRV) nos parâmetros produtivos e eficiência de uso da água (EUA) no cultivo de *Peperomia obtusifolia* cv. Golden Cais. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com três repetições para cada tratamento, e os dados foram submetidos a análise de variância e posteriormente foram gerados os gráficos de superfície de resposta para cada variável analisada. Conclui-se que a maior EUA foi obtida dose de 60 g L⁻¹ para 25% CRV (0,013 g mm⁻¹), enquanto a maior altura de plantas e número de folhas foi obtida na testemunha (sem hidrogel) para 100% CRV.

Palavras-chave: Polímero hidroabsorvente, capacidade de retenção de água, plantas ornamentais.

ABSTRACT

The cultivation of ornamental plants in a protected environment requires a series of precautions, mainly in the supply of water and nutrients, considered key factors in the success of the activity. However, these plants consume a large amount of water during the cycle, making it necessary to improve the efficiency of water and

1 Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. E-mail: cocco.pablo@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1470-2527>

2 Professor Ph.D do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. E-mail: alexandre.swarowsky@ufsm.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0787-2691>

3 Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade federal de Santa Maria - UFSM. E-mail: marcelolvtb@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3468-5346>

4 Professora Dr. do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. E-mail: fernanda.backes@ufsm.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1064-7847>

5 Professor Dr. do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. E-mail: juliano.martins@ufsm.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2501-1067>

6 Professora Ph.D do Departamento de Produção Vegetal da Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho" Campus Botucatu. E-mail: janine.menegaes@unesp.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6053-4221>

7 Professor Dr. do Departamento de Ingeniería em Agua y Desarrollo Sostenible - ITR Centro Sur. E-mail: wellington.mezzomo@utec.edu.uy. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1169-0620>

nutrients. In view of this, hydrogel or hydroabsorbent polymers are soil conditioners whose main characteristic of interest is the rapid power of absorbing water and nutrients and releasing these resources in a controlled manner. Therefore, the present study aims to evaluate the response provided by four doses of hydrogel (0, 20, 40 and 60 g.L⁻¹) for different water retention capacities (WRC) of the substrate (25, 50, 75 and 100 % CRV) in the productive parameters and water use efficiency (EUA) in the cultivation of *Peperomia obtusifolia* "Golden Cais". A completely randomized design was used with three replications for each treatment, and the data were submitted to analysis of variance and later the response surface graphs were generated for each analyzed variable. The highest UE was obtained at a dose of 60 g.L⁻¹ for 25%CRV, while the highest plant height and number of leaves was obtained in the control (without hydrogel) for 100% CRV.

Keywords: Hydroabsorbent polymer, water holding capacity, ornamental plants.

INTRODUÇÃO

A água e sua escassez têm sido temas crescentes nas pesquisas mundiais, principalmente na agricultura, que ainda é vista como um setor que consome grandes volumes desse recurso. À vista disso, cultivar em ambiente protegido tem sido uma ferramenta que vem apresentando resultados promissores há um bom tempo, principalmente no que diz respeito à melhoria na gestão da água e de nutrientes, tendo uma influência direta no padrão de qualidade das plantas ornamentais (SLATHIA *et al.*, 2018). Enquanto, a produção de plantas ornamentais e flores está relacionada a um alto consumo de água (GARCÍA-CAPARRÓS; LAO, 2018), cada vez mais são necessárias alternativas que realizem a manutenção da umidade por mais tempo, tornando, assim, a utilização da água e de nutrientes mais eficiente.

O momento e a quantidade de água a ser fornecida para as plantas, principalmente no ambiente protegido, em que toda água aportada é proveniente da irrigação, são fatores-chave para o sucesso da atividade, e estão diretamente relacionados com a qualidade e o aspecto visual das plantas ornamentais (KÄMPF *et al.*, 2006). Além do momento e da quantidade de água a ser utilizada para irrigação, o substrato ou meio de cultivo deve fornecer as características necessárias para o desenvolvimento da cultura. Conforme Schafer e Lerner (2022), o substrato tem como principais funções fornecer suporte para as raízes, reter e disponibilizar água, ter espaço com ar mesmo em saturação, ter estabilidade estrutural, não promover mudanças no pH no decorrer do cultivo, além de ter uma dinâmica previsível de nutrientes e condutividade elétrica. Desta forma, é de fundamental importância conhecer as necessidades hídricas e nutricionais das plantas, além das características físicas e químicas do substrato e seus efeitos no decorrer do ciclo de cultivo, por exemplo, para as culturas de kalanchoe (*Kalanchoe blossfeldiana* Poelln.) (PARIZI *et al.*, 2010), cravina-de-corte (*Dianthus hybrida* cv. Melody) (SCHWAB *et al.*, 2013), gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) (LUDWIG *et al.*, 2013), calla-lily (*Zantedeschia* spp.) (MENEGAES *et al.*, 2017) e cravina-chinesa (*Dianthus chinensis* L.) (MENEGAES *et al.*, 2019).

Uma alternativa já estudada há algum tempo e que pode promover melhorias na retenção de água e de nutrientes e fazer a entrega destes de maneira gradual, conforme as necessidades das plantas, é o hidrogel. Também, chamado de polímero hidroabsorvente ou superabsorvente, é definido como uma rede polimérica tridimensional, levemente reticulada, cuja principal propriedade de interesse é a sua capacidade de absorver e reter grandes quantidades de água em relação ao seu peso seco (ULLAH *et al.*, 2015), que dependendo do processo de fabricação e dos materiais de origem, pode reter de 10 a 1.000 g de água por g do produto (ZOHURIAAN *et al.*, 2010). Ljubojevic *et al.* (2017) comentam que apesar de já ser amplamente utilizado no meio agrícola, o hidrogel é pouco estudado no setor de plantas ornamentais, necessitando, assim, de mais estudos voltados às consequências técnicas e econômicas desse tipo de produto para plantas ornamentais.

Diante disto, uma abordagem mais sustentável e econômica pode surgir através de interações entre o substrato, diferentes níveis de umidade (reposição de água) e doses de hidrogel. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de diferentes doses de hidrogel e percentuais da capacidade de retenção e água no vaso (%CRV) e a resposta produzida pela interação dos dois fatores nas variáveis produtivas e na eficiência de uso da água no cultivo de peperômia (*Peperomia obtusifolia* cv. *Golden Cais*) e na eficiência de uso da água. Em busca de uma agricultura de baixo impacto ambiental, bom como, visando contemplar os Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como o 2 - fome zero e agricultura sustentável e o 12 - consumo e produção responsáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), região central do Rio Grande do Sul, localizado a 29°43' S, 53°43' O e com 95 m de altitude. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo "Cfa", subtropical úmido. Os materiais vegetais ficaram dispostos em bancadas na casa de vegetação, o período de avaliação do experimento foi no período de abril de 2021 até janeiro de 2022.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, no esquema fatorial 4 x 4 (doses de hidrogel e capacidade de retenção de água no vaso), com três repetições, sendo a unidade experimental composta por um vaso de 1,3 L. As doses de hidrogel (polímero superabsorvente da empresa Brandt®) foram: 0 (sem hidrogel; testemunha), 20, 40 e 60 g L⁻¹ e as capacidades de retenção de água no vaso (CRV) 25%, 50%, 75% e 100%.

Para a quantificação da CRV, primeiramente o substrato foi seco ao ar por 24 h, acondicionado nos recipientes e, após, foi realizada a pesagem, a fim de obter a massa seca das amostras. Posteriormente, ao processo de pesagem foi realizada a saturação dos substratos, conforme o procedimento proposto por Kämpf *et al.* (2006). Dessa maneira, a CRV foi obtida através da Equação 1.

$$CRV = P2 - P1 \quad (1)$$

onde:

CRV: capacidade de retenção de água no vaso;

P1: massa do vaso com substrato seco;

P2: massa do vaso com substrato saturado.

A partir do valor da CRV, foram determinados os percentuais de 25%, 50%, 75% e 100%, conforme Schwab *et al.* (2013), conforme as Equações 2 a 5.

$$CRV100\% = (PV_{crv} - PV_{sec}) * 1 + PV_{sec} \quad (2)$$

$$CRV75\% = (PV_{crv} - PV_{sec}) * 0,75 + PV_{sec} \quad (3)$$

$$CRV50\% = (PV_{crv} - PV_{sec}) * 0,50 + PV_{sec} \quad (4)$$

$$CRV25\% = (PV_{crv} - PV_{sec}) * 0,25 + PV_{sec} \quad (5)$$

onde:

CRV%: capacidade de retenção de água no vaso em percentual;

PV_{crv}: capacidade de retenção de água no vaso;

PV_{sec}: massa do vaso preenchido com substrato seco.

Após a obtenção dos valores de CRV e dos níveis de irrigação (% CRV) foi realizada a pesagem de cada recipiente e colocada a quantia de substrato correspondente. Para as doses de hidrogel, foi realizada a adequação ao volume do recipiente (1,3 L) e, posteriormente, o polímero foi hidratado, incorporado e homogeneizado ao substrato de cada recipiente, conforme indicações do fabricante do produto.

Para o cultivo das plantas de peperômia (*Peperomia obtusifolia* cv. *Golden Cais*), as mudas foram adquiridas da floricultura Úrsula[®], sediada no município de Nova Petrópolis, RS. A escolha pela empresa se deu devido a fatores como homogeneidade do material vegetal, qualidade visual das mudas e isenção de doenças no comércio local.

O substrato MecPlant[®] flores, foi escolhido devido a fatores como isenção de patógenos, características físicas e químicas desejáveis para a produção de plantas ornamentais. Foi realizada a caracterização física e química do substrato, analisada pelo laboratório de substratos e plantas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, os atributos avaliados conforme a Tabela 1. Os recipientes utilizados foram vasos de polietileno de coloração verde e tamanho 15, apresentando uma capacidade de 1,3 L.

Tabela 1 - Análise dos principais atributos físicos e químicos do substrato diante das diferentes doses de hidrogel avaliadas.

Atributos	Doses de hidrogel			
	0 (testemunha)	20 g L ⁻¹	40 g L ⁻¹	60 g L ⁻¹
pH (H ₂ O)	5,73	5,68	5,78	5,90
Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)	0,96	0,90	1,03	1,02
Densidade úmida (Kgm ⁻³)	548,44	558,39	514,60	528,84
Densidade seca (Kgm ⁻³)	227,88	216,21	236,89	216,84
Porosidade total (%)	91,09	88,83	86,86	90,55
Espaço de aeração %	37,03	40,63	37,57	46,11
Água facilmente disponível (%)	15,32	11,59	10,25	7,51
Água tamponante (%)	3,12	2,94	3,33	2,41
Água remanescente (%)	33,61	33,67	35,72	34,51

Fonte: Laboratório de substratos e plantas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS.

Durante o desenvolvimento da cultura foi necessário empregar alguns manejos visando a obtenção de dados para realização do trabalho e um desenvolvimento adequado das plantas. Desta maneira, ocorreram as seguintes intervenções:

Manejo de água da irrigação: foram realizadas pesagens no intervalo de cinco dias de todos os vasos do experimento, sendo reposta a quantidade de água necessária para que a massa do vaso atingisse o limite pré-estabelecido dos níveis de cada tratamento. A diferença de massa do vaso corresponde à evapotranspiração no intervalo de tempo de cinco dias. No interior da casa de vegetação foi instalado um sensor que coleta e armazena valores de umidade do ar e temperatura a cada 1 min.

Adubação: foi realizada através de fertirrigação. A primeira ocorreu quatro semanas após o transplante (DAT), e a segunda fertirrigação ocorreu 150 DAT, visto que as peperômias não possuem grande exigência em nutrientes. Foi utilizada a recomendação proposta que leva em consideração as diferentes fases de desenvolvimento da cultura, sendo aplicados 100 mL de solução nutritiva para cada planta. A solução era composta por 13% de N, 5% de P₂O₅, 13% K₂O, 1% de Ca, 1% de Mg e 14% de S.

Controle fitossanitário: durante o ciclo, foi monitorada a presença de possíveis doenças ou ataque de pragas. Como não foi encontrado nenhum agente patogênico, não foi preciso realizar o controle de pragas e doenças.

Visando obter as respostas das doses de hidrogel nas diferentes capacidades de retenção de água (CRV), foram avaliados alguns atributos das plantas cultivadas, sendo eles:

Consumo hídrico (CH) - foi determinado por meio da equação do balanço hídrico, conforme a Equação 6, seguindo a metodologia proposta por Souza *et al.* (2010):

$$E_{tr} = \sum_{i=1}^L M_i - \sum_{i=1}^L M_{i+1} + I - D \quad (6)$$

onde:

E_{tr} : evapotranspiração real da planta em vaso, em um determinado intervalo de tempo (dias);

M_i : massa de substrato e água contidos no início do intervalo de tempo (Δt) considerado;

M_{i+1} : massa de substrato e água contidos no final do intervalo de tempo (Δt) considerado;

I: irrigação aplicada no intervalo de tempo considerado (mm);

D: percolação (ou drenagem) que eventualmente possa ocorrer.

Para avaliação do armazenamento de água ($M_i - M_{i+1}$) foram realizadas pesagens no intervalo de cinco dias, com uma balança de precisão, sendo resposta a água até que fosse atingido o peso de cada tratamento (níveis de irrigação %CRV). Visto que o experimento foi realizado em ambiente protegido, a água utilizada para irrigação foi a única fonte de entrada para as plantas, sem sofrer influência de fenômenos de precipitação, escoamento superficial e drenagem.

Altura de plantas (AP) foi realizada a partir da utilização de uma régua graduada, medindo-se desde a base da planta ao nível do substrato até o ápice correspondente a maior altura. O número de folhas (NF) foi contabilizado o número de folhas total dos tratamentos, sendo considerada uma nova folha quando a mesma estivesse totalmente desenvolvida

Massa fresca (MF) e massa seca (MS) da parte aérea para essas variáveis foram considerados o ponto de comercialização da planta. Para isso, as plantas foram retiradas do substrato, separando a parte aérea do sistema radicular. Realizou-se a pesagem em uma balança de precisão, a parte aérea fresca (no momento de comercialização) e, posteriormente, as amostras foram acondicionadas em embalagens de papel e seguiram para uma estufa com circulação de ar forçada, a uma temperatura de 65° C, até atingirem massa constante. Finalizado o processo de secagem, as amostras foram retiradas da estufa e pesadas em balanças de precisão e, então, foi obtido os valores de massa seca de parte aérea.

Massa fresca (MFR) e Massa Seca (MSR) de raízes foram realizadas concomitantemente com a avaliação de MF e MS da parte aérea da planta, porém, ao invés de utilizar a parte aérea, foi utilizado o sistema radicular da planta. O procedimento foi o mesmo descrito acima, com a retirada da planta do substrato e separação da parte aérea da parte radicular. Além disso, as raízes foram lavadas com água, para a retirada do excesso do substrato. Após o processo de lavagem das raízes, elas foram deixadas para secar em temperatura ambiente por uma hora, para serem pesadas posteriormente. Após realizados esses procedimentos, as amostras foram acondicionadas em embalagens de papel e enviadas para as estufas com circulação forçada de ar, a 65° C, para obter os valores de massa seca do sistema radicular;

Comprimento de raízes (CR) posteriormente, ao processo de lavagem do sistema radicular, as raízes das três repetições de cada tratamento foram estendidas sobre uma superfície plana branca e

foi medida com o auxílio de uma régua graduada, desde a inserção das raízes (ao nível do substrato) até o maior comprimento obtido nas mesmas.

Eficiência de uso da água (EUA) foi determinada pelo quociente obtido através dos valores médios de peso seco total da parte aérea (hastes e soqueira) pelo total de água consumida, em milímetros, durante o ciclo, para todas as repetições de cada tratamento, utilizando a Equação 7, descrita por Doorembo e Kassan (1979).

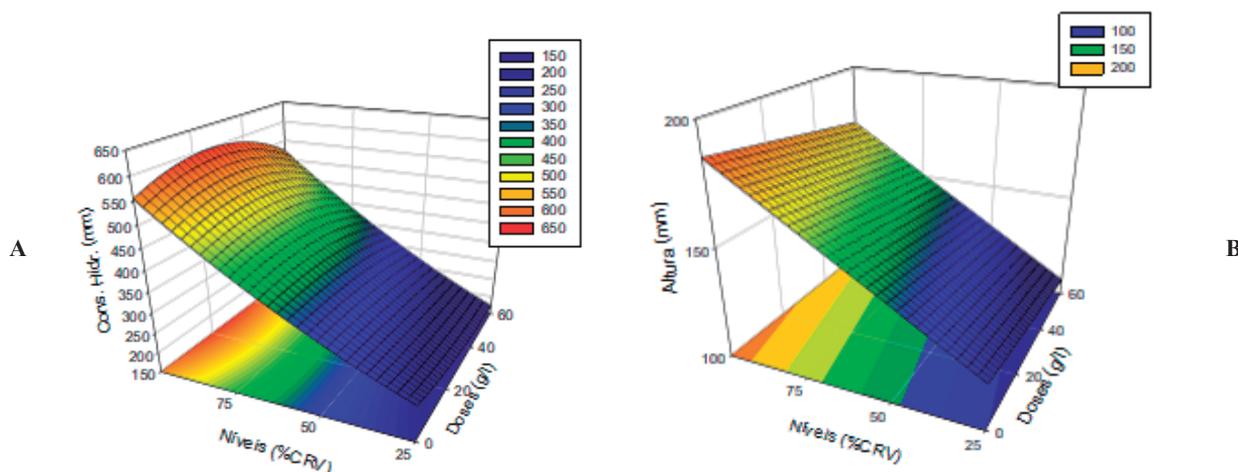
$$EUA = \frac{\text{Massa seca total (kg)}}{\text{Total de água consumida (mm)}} \quad (7)$$

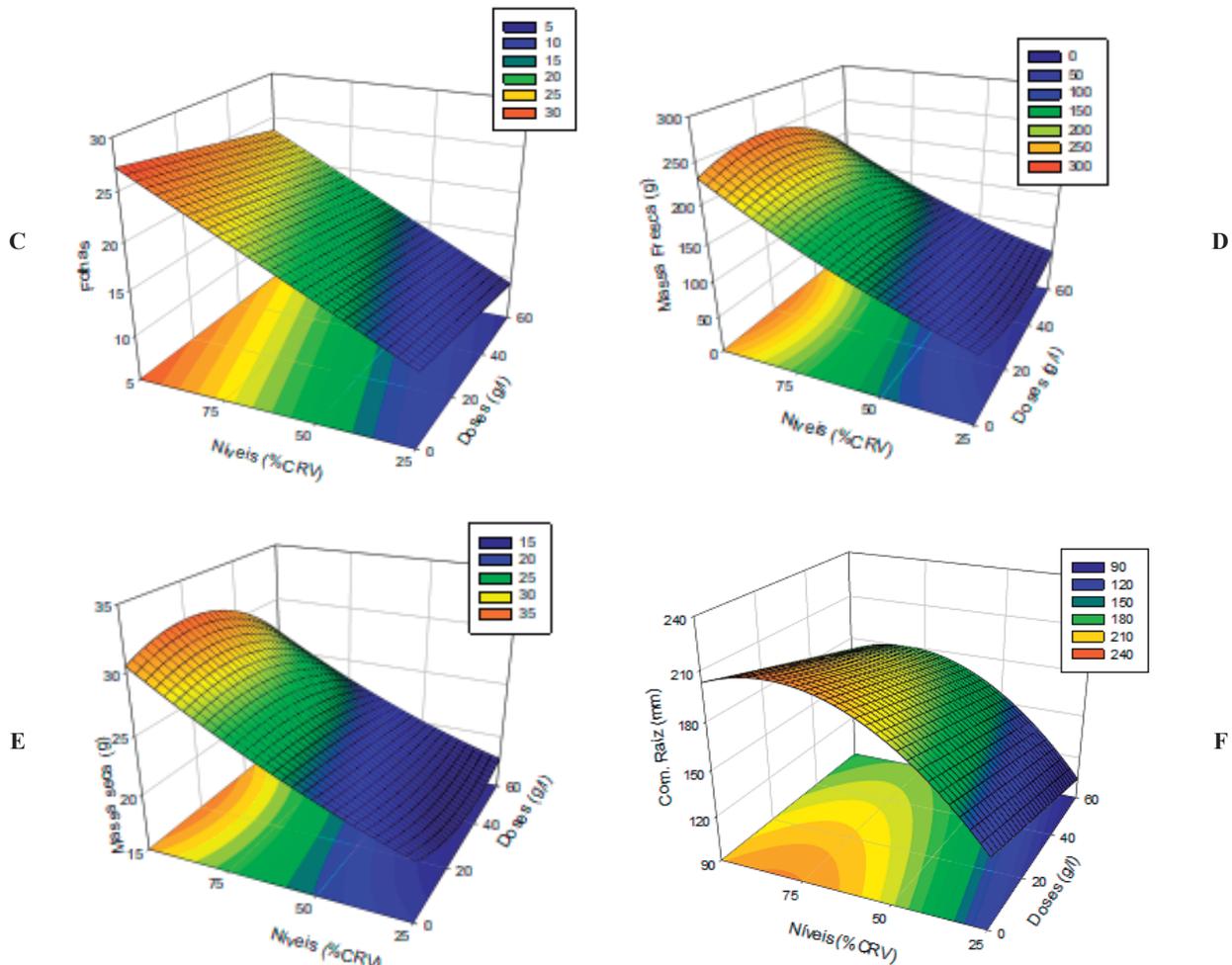
As análises de variância (ANOVA) e a comparação das médias pelo teste de Turey ($p < 0,05$), foram realizadas com o auxílio do programa estatístico R Core Team®, gráficos de superfície de resposta foram realizados pelo programa SIGMA®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando obter maiores informações da interação das doses de hidrogel no cultivo de plantas, foram avaliadas as variáveis produtivas, o consumo hídrico total e a eficiência de uso da água na parte aérea e no sistema radicular das plantas. Para avaliação do consumo hídrico total das plantas, nos diferentes níveis de umidade e doses de hidrogel, foram geradas figuras de superfície de resposta com o intuito de obter informações a respeito dos dois fatores de influência no estudo (doses de hidrogel e capacidades de retenção de água no vaso (CRV)).

Figura 1 - Superfície de resposta do substrato para cultivo de peperômia (*Peperomia obtusifolia* cv. *Golden Cais*) submetidas as diferentes capacidades de retenção de água no vaso e doses de hidrogel. A: consumo hídrico total (mm), B: altura total de plantas (mm), C: número de folhas total, D: massa fresca da parte aérea, E: massa seca da parte aérea, F: comprimento das raízes.





Fonte: Construção do Autor.

À medida que aumentam os percentuais de água reposta (% CRV), aumenta o consumo hídrico, sendo utilizada uma maior quantidade de água para a produção das peperômias. Pode-se observar que para as doses de 20 e 40 g L⁻¹ de hidrogel, o consumo hídrico total para os maiores níveis de umidade é superior aos tratamentos testemunha (sem hidrogel) e com a maior dose (60 g L⁻¹). Já para a menor capacidade de retenção de água no vaso (25% CRV), nota-se que a dose de 60 g L⁻¹ consumiu uma menor quantidade de água que a dose de 40 g L⁻¹, 20 g L⁻¹ e que a testemunha (sem hidrogel).

O esperado era que as doses de hidrogel proporcionassem um menor consumo hídrico, porém, isso ocorreu apenas para as menores capacidades de retenção de água no vaso (% CRV), enquanto nos níveis de reposição de água mais altos a menor dose (20 g L⁻¹) e a dose média (40 g L⁻¹) de hidrogel superaram o consumo hídrico obtido na testemunha (sem hidrogel). Isso pode estar relacionado as condições meteorológicas do cultivo, segundo Abobatta (2018), é característico dos hidrogéis a rápida hidratação e retardamento no momento de liberação da água pela interação dos espaços porosos no solo/substrato com a água adsorvida nesses espaços.

Para a variável altura (Figura 1B), as plantas apresentam um desenvolvimento linear crescente, conferindo maior altura no 100% CRV para a dose testemunha, visto que a hidratação máxima do

sistema radicular auxiliou no desenvolvimento da parte aérea (altura). Porém, quando se observa as alturas das plantas individualmente dentro de cada %CRV, nota-se que há uma tendência da redução da altura das plantas conforme aumenta a dose de hidrogel, mais uma vez isso pode ser atribuído as condições meteorológicas de cultivo devido a interação com os espaços porosos e a água adsorvida. Para Singh *et al.* (2018), o crescimento das plantas em altura depende principalmente da divisão e do aumento do tamanho celular, que por sua vez são altamente dependentes das condições hídricas que as plantas se encontram. Desta maneira, os autores supracitados explicam que os teores de umidade adequados no solo/substrato propiciam um maior crescimento radicular, maior translocação de nutrientes e a estrutura fornece uma melhor sustentação também, fatores que auxiliam no crescimento das plantas.

Em seus estudos, Singh *et al.* (2018), Sharma *et al.* (2017) e Iftime *et al.* (2019) encontraram respostas diferentes das obtidas no presente estudo, em que os maiores valores para altura de plantas foram obtidos nos tratamentos com a maior dose de hidrogel. Justificaram esse aumento devido à retenção de água provocada pelo hidrogel proporcionar os teores de umidade mais adequados para o desenvolvimento das plantas. Porém, De Mattos Filho *et al.* (2019) encontraram resultados semelhantes ao obtido no presente estudo, para a cultura do pimentão (*Capsicum annum* L.), em que as maiores doses de hidrogel e os maiores níveis de umidade do substrato ocasionaram a redução das plantas, desenvolvimento esse, explicado pelos autores devido ao alto teor de umidade do substrato, sendo acima dos valores de evapotranspiração para o período avaliado.

O número de folhas (Figura 1C) segue a tendência da altura de plantas. Onde o tratamento testemunha (sem hidrogel) totalmente hidratado proporcionou maior número de folhas. Um fato que possivelmente ocorreu nos maiores percentuais em relação a capacidade de retenção de água no vaso (%CRV) e nas maiores doses de hidrogel está de acordo com o observado por Navroski *et al.* (2015), em que as maiores doses de hidrogel acarretaram no excesso hídrico no substrato, que refletiu na diminuição do oxigênio nas raízes, dificultando a respiração das plantas e, conseqüentemente, diminuindo a produção de energia que será utilizada nos processos de síntese e translocação dos compostos orgânicos.

As doses de hidrogel avaliadas neste estudo não foram suficientes para aumentar a altura das plantas e o número de folhas, demonstrando um desempenho inferior ao obtido na testemunha. Outro fator que pode ter ocasionado uma menor altura de plantas e número de folhas para as doses de hidrogel foi o fato observado por Mendonça *et al.*, (2013), em que a incorporação de maiores doses de hidrogel ao substrato pode aumentar a condutividade elétrica da solução, como observado na análise de substratos. Associado a isso, as peperômias são plantas de baixas exigências nutricionais e pouco tolerantes à alta condutividade elétrica, fator esse que pode ter ocasionado uma menor altura e número de folhas para essa cultura nas diferentes doses de hidrogel.

Navroski *et al.* (2015) explicam que a condutividade elétrica é um fator limitante na disponibilidade de água e possui efeitos sobre a absorção de água e de nutrientes. Conforme explicam Oliveira *et al.* (2017) e Taiz e Zeiger (2013), a inibição do crescimento ocasionada pela salinidade

tem como resultado a diminuição do potencial osmótico das plantas, que, conseqüentemente, afeta o potencial hídrico, promovendo efeitos similares ao déficit hídrico, prejudicando o alongamento e a divisão celular, além de prejudicar o surgimento de novas folhas.

As variáveis de massa fresca (MF) e massa seca (MS) da parte aérea das plantas, Figuras 1D e 1E, respectivamente, verificou-se que a produção de MF da parte aérea das plantas teve um aumento à medida que se aumenta os percentuais da capacidade de retenção de água no vaso (%CRV), seguindo uma similaridade. Em contrapartida, é possível observar um efeito quadrático para as doses de hidrogel, em que as doses de 20 e 40 g L⁻¹ resultaram em valores de MF e MS inferiores a testemunha (sem hidrogel) e a dose de 60 g L⁻¹ para os menores percentuais da capacidade de retenção de água no vaso (%CRV). Este desempenho foi o contrário do obtido para os maiores percentuais da capacidade de retenção de água no vaso (%CRV), que proporcionaram valores acima da testemunha (sem hidrogel) e da dose de 60 g.L⁻¹ para as doses de 20 e 40 g L⁻¹.

Diante do exposto, as doses de 20 e 40 g L⁻¹ de hidrogel proporcionaram os maiores valores de MF da parte aérea para os maiores teores de umidade, diferente do encontrado para outras variáveis, como altura de plantas e número de folhas. Isso quer dizer que apesar das plantas cultivadas sob as doses de 20 e 40 g L⁻¹ serem menores em altura e terem um menor número de folhas, elas possuíam maiores valores de massa, o que resultou em maior produção de MF e, conseqüentemente, de MS. Esse feito pode ter ocorrido pelo fato de as plantas deste tratamento estarem mais túrgidas ou dos tratamentos terem proporcionado folhas e diâmetro do caule maiores que os demais, refletindo, assim, na MF das amostras.

A Figura 1 E apresenta os valores de massa seca (MS) que foram obtidos a partir da secagem das amostras de MF, através do envio das mesmas para estufas com circulação de ar forçada, com o intuito de retirar a água das amostras. Os valores de MS e MF também foram utilizados para obter a eficiência de uso da água nas diferentes variáveis avaliadas. O comportamento da MS das plantas é o mesmo observado para a MF, visto que a diferença é a remoção da água dos tecidos das plantas. As doses de 20 e 40 g L⁻¹ refletiram nos maiores valores de MS para os maiores percentuais da capacidade de retenção de água no vaso do que para os menores % CRV e obtiveram os menores valores de MS, corroborando com o obtido na MF.

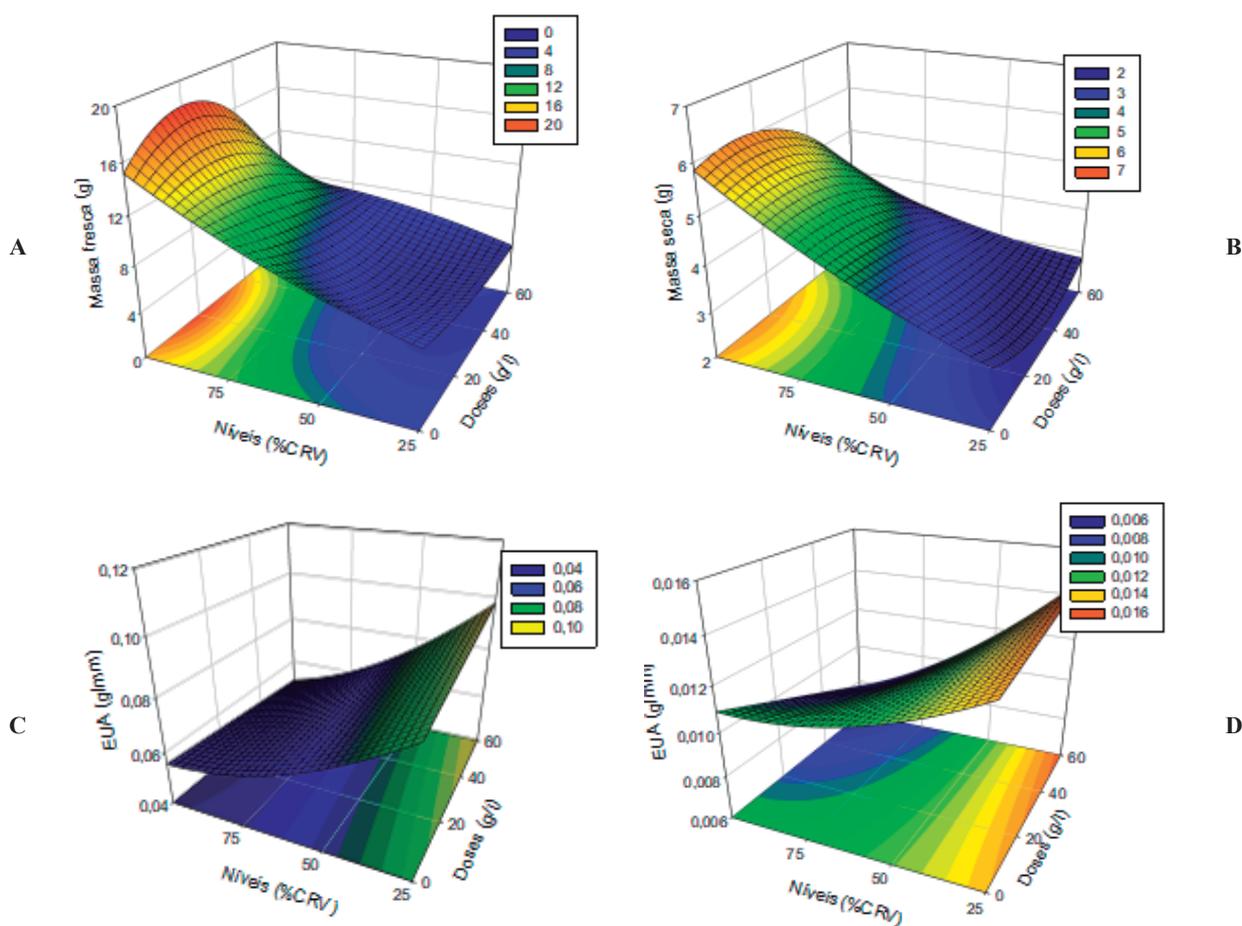
Visando aprofundar a obtenção de resultados, foi avaliado o sistema radicular das plantas, para as variáveis comprimento de raízes (CR), massa fresca das raízes (MFR) e massa seca das raízes (MSR). Avaliando o comprimento total das raízes (Figura 1F), nota-se um aumento no tamanho das raízes à medida que é aumentado o % CRV, até o máximo valor obtido para o nível de 75% CRV, decaindo novamente para o nível de 100% CRV. Os maiores valores em comprimento de raízes foram obtidos na testemunha (sem hidrogel). O comprimento das raízes diminui à medida que aumentam as doses de hidrogel avaliadas, seguindo o desempenho da testemunha.

A raiz é um órgão importante para a planta, pois está associada à absorção de água e de nutrientes, à fixação e ao suporte das culturas, porém, os teores de umidade e nutrientes no meio

de crescimento influenciam diretamente no seu crescimento. Bo *et al.* (2012) obtiveram resultados semelhantes com o crescimento das raízes de milho (*Zea mays* L.), em que as maiores doses de hidrogel apresentaram os menores valores do comprimento das raízes das plantas. Conforme os autores supracitados, a absorção de água e nutrientes do hidrogel forma um microclima ao redor das raízes, em que água e nutrientes são disponibilizados lentamente e absorvidos pela planta, tendo um impacto sobre o crescimento das raízes.

Quando avaliamos as massas frescas e secas das raízes (Figura 2A e 2B) tem-se um desempenho parecido com os valores obtidos para a variável massas frescas e secas da parte aérea, sendo assim, os % CRV apresentaram um comportamento crescente à medida que aumentam. Já para as doses de hidrogel, foram obtidos menores valores de massa fresca de raízes quando comparados ao tratamento testemunha. As doses de 20 e 40 g L⁻¹ resultaram nos menores valores de massa fresca de raízes para os menores níveis de umidade do substrato.

Figura 2 - Superfície de resposta do substrato para cultivo de peperômia (*Peperomia obtusifolia* cv. *Golden Cais*) submetidas as diferentes capacidades de retenção de água no vaso e doses de hidrogel. A: massa fresca das raízes, B: massa seca das raízes, C: eficiência de uso da água (EUA) da parte aérea, D eficiência de uso da água (EUA) do sistema radicular.



Fonte: Construção do Autor

Para a massa seca do sistema radicular, o comportamento não foi diferente do obtido na massa fresca das raízes, sendo aumentada à medida que aumentava o % CRV, em que a testemunha apresentou os maiores valores. Os menores valores de massa seca das raízes foram obtidos nos menores % CRV nas doses de 20 e 40 g L⁻¹ de hidrogel.

Para a eficiência de uso da água (EUA), que leva em conta o total de MF produzida em razão do total de água consumida, em que estão plotados os valores de EUA para a parte aérea das plantas (Figura 2C). Até agora, observou-se nas Figuras 1 e 2, que havia uma tendência no aumento dos valores das variáveis analisadas conforme se aumentavam os % CRV. Porém, para a EUA da parte aérea a resposta foi diferente, onde a maior eficiência foi encontrada para os menores % CRV.

A melhor eficiência foi obtida na maior dose de hidrogel (60 g L⁻¹) e na menor reposição de água (25% CRV), em que cada mm de água aplicado incrementou próximo a 0,10 g de massa seca. Esse desempenho já era esperado, visto que a maior dose de hidrogel no menor % CRV obteve um menor consumo hídrico durante o ciclo e proporcionou valores de MS superiores as doses de 20 e 40 g L⁻¹ de hidrogel. Desta maneira, seria a interação dose e % CRV que apresentou os melhores valores de EUA. Já para os maiores % CRV, observa-se que a testemunha (sem hidrogel) foi mais eficiente quando comparado aos tratamentos que receberam hidrogel. Mesmo a maior dose de hidrogel tendo um menor consumo hídrico, a EUA foi menor, principalmente devido ao fato dessa interação (maior dose de hidrogel e maior % CRV) ter proporcionado menores valores para a variável MS.

A eficiência de uso da água também foi avaliada para o sistema radicular das plantas de peperômia (Figura 2D). Novamente, a maior eficiência foi obtida nos menores % CRV, em que a maior dose de hidrogel resultou na maior eficiência. Porém, quando se observa a EUA para os maiores % CRV, é obtido um aumento da testemunha em relação aos tratamentos que receberam as doses de hidrogel.

Esse desempenho já era esperado, pois mesmo que as maiores doses de hidrogel apresentassem um menor consumo hídrico, o comprimento da raiz e a massa seca radicular foi diminuindo à medida que a dose de hidrogel aumentava. Desta maneira, a menor eficiência de utilização da água para o sistema radicular foi obtida na interação da maior dose de hidrogel com o maior % CRV.

O hidrogel se mostrou superior na EUA tanto da parte aérea como do sistema radicular apenas para os menores % CRV testados. Esse resultado corroborou, em partes, com o obtido por De Matos Filho *et al.* (2020) e Navroski *et al.* (2015), que obtiveram as maiores eficiências de utilização da água nas maiores doses de hidrogel. Porém, no estudo dos autores supracitados as doses de hidrogel proporcionaram um aumento na EUA para todos os % CRV, e não apenas para os menores % CRV, como obtido no presente trabalho. Esse fato pode ter ocorrido devido, principalmente, pela quantidade de água fornecida na irrigação, em que Nascimento *et al.* (2021) ressaltam que a eficiência na utilização de hidrogéis é totalmente dependente da quantidade de água e da temperatura.

CONCLUSÃO

Para o incremento em altura, a dose de 40 g L⁻¹ obteve maior incremento para os maiores níveis de umidade do substrato (75 e 100% CRV), sendo superior às demais capacidades de retenção de água avaliadas. A maior dose de hidrogel (60 g L⁻¹) mostrou-se superior apenas para o menor nível de umidade, podendo vir a ser uma alternativa para áreas com baixa disponibilidade hídrica.

Para o incremento em folhas, não foi observado efeito significativo que justificasse a utilização do hidrogel, pois a testemunha se mostrou mais eficiente para essa variável, quando comparada as diferentes doses de hidrogel avaliadas.

As variáveis incremento em altura de plantas e número de folhas foram mais responsivas as CRV do que as doses de hidrogel avaliadas, apresentando um desempenho crescente à medida que aumentava a CRV. Sendo assim, as plantas mais altas e com maior número de folhas foram encontradas para 100% da CRV e na testemunha (sem hidrogel).

A maior eficiência de uso da água na parte aérea e no sistema radicular ocorreu na dose de 60 g L⁻¹ para 25% CRV, sendo superior a todos os demais tratamentos testados no presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ABOBATTA, W. Impact of hydrogel Polymer in agricultural sector. **Advances in Agriculture and Environmental Science**, v. 1, n. 2, p. 59-64, 2018.

BO, Z.; RENKUAN, L.; YUNKAI, L.; TAO, G.; PEILING, Y.; JI, F.; ZHICHAO, Z. Water-absorption characteristics of organic-inorganic composite superabsorbent polymers and its effect on summer maize root growth. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 126, n. 2, p. 423-435, 2012. <https://doi.org/10.1002/app.36652>

DE MATOS FILHO, H. A.; ANTÔNIO DA SILVA, C.; SOUZA BASTOS, A. V. Níveis de irrigação associados a doses de hidrogel na cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 2, p. 3906-3918, 2020. <https://doi:10.7127/rbai.v14n101096>

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efectos del agua em al rendimiento de los cultivos** Roma: FAO 1979. 212 p.

GARCÍA-CAPARRÓS, P.; LAO, M. T. The effects of salt stress on ornamental plants and integrative cultivation practices. **Scientia horticulturae**, v. 240, p. 430-439, 2018. <https://10.1016/j.scienta.2018.06.022>

IFTIME, M. M.; AILIESEI, G. L.; UNGUREANU, E.; MARIN, L. Designing chitosan based eco-friendly multifunctional soil conditioner systems with urea controlled release and water retention. **Carbohydr. Polym.**, v. 223, 2019. <https://10.1016/j.carbpol.2019.115040>

KÄMPF, A. N. ; TAKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. D. **Floricultura: Técnicas de Preparo de Substratos**. BRASÍLIA: LK, P. 132, 2006.

LJUBOJEVIĆ, M.; NARANDŽIĆ, T.; OSTOJIĆ, J.; BOŽANIĆ TANJGA, B.; GRUBAČ, M.; KOLAROV, R.; GREKSA, A.; PUŠIĆ, M. Rethinking Horticulture to Meet Sustainable Development Goals-The Case Study of Novi Sad, **Serbia. Horticulturae**, v. 8, p. 12-22, 2022. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8121222>

LUDWIG, F.; GUERRERO, A. C.; GONÇALVES, S. O.; FERNANDES, D. M.; BÔAS, L. V. Lâminas de fertirrigação e substratos na produção e qualidade de gébera de vaso. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 635-646, 2013. <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n4p635>

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. <https://core.ac.uk/download/pdf/270268142.pdf>

MENEGAES, J. F.; BELLÉ, R. A.; SWAROWSKY, A.; BACKES, F. A. A. L.; PADRÓN, R. A. R. Consumo hídrico e desenvolvimento da cravina-chinesa cultivada em diferentes teores de Cu no solo. **Acta Iguazu**, v. 8, n. 1, p. 76-91, 2019. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v8i1.19037>

MENEGAES, J. F.; SWAROWSKY, A.; BACKES, F. A. A. L.; BELLÉ, R. A.; IZÁRIO FILHO, H. J. Consumo hídrico de calla lily submetida ao manejo de irrigação via solo e teores de cobre. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 74-86, 2017. <https://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n1p74-86>

NASCIMENTO, C. D. V. ; SIMMONS, R. W.; DE ANDRADE FEITOSA, J. P.; DOS SANTOS DIAS, C. T.; COSTA, M. C. G. Potential of superabsorbent hydrogels to improve agriculture under abiotic stresses. **Journal of Arid Environments**, v. 189, p. 104496, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104496>

NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, F. D. S.; BERGHETTI, Á.; PEREIRA, M. D. O. Hidrogel enables use of reduction of irrigation and improves the inicial grownth of *Eucalyptus dunnii* Maiden seedlings. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 106, p. 467-476, 2015. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr106/cap22.pdf>

OLIVEIRA, C. B.; DA ROSA NASCIMENTO, T.; SILVA, R. G. R.; LOPES, I. C. A cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais no Brasil: uma revisão sobre o segmento. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 6, n. 2, p. 180-200, 2021. <http://relise.eco.br/index.php/relise/article/view/461/515>

PARIZI, A. R. C.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; SOARES, F. C.; VIVAN, G. A.; RAMÃO, C. J. Níveis de irrigação na cultura do kalanchoe cultivado em ambiente protegido. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 854-861, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000058>

SCHAFER, G.; LERNER, B.L. Physical and Chemical characteristics and analysis of plant substrate. **Ornamental Horticulture**, v. 28, n. 2, p. 181-192, 2022. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v28i2.2496>

SCHWAB, N. T.; PEITER, M.X., BELLÉ, R.A.; BACKES, F.A.A.L.; ROBAINA, A.D.; FERRAZ, R.C. Consumo hídrico de cravina submetida a diferentes estratégias de irrigação e tamanhos de vaso. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 328-336, 2013. <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n2p328>

SHARMA, R.; BAJPAI, J.; BAJPAI, A.K.; ACHARYA, S.; KUMAR, B.; SINGH, R.K. Assessment of water retention performance of pectin-based nanocarriers for controlled irrigation in agriculture. **Agricultural Research**, v. 6, p. 139-149, 2017. <https://doi.10.1007/s40003-017-0257-7>

SINGH, I.; VERMA, R.R.; SRIVASTAVA, T.K. Growth, yield, irrigation water use efficiency, juice quality and economics of sugarcane in Pusa hydrogel application under different irrigation scheduling. **Sugar Techonology**, v. 20, p. 29-35, 2018. <https://doi.org/10.1007/s12355-017-0515-9>

SLATHIA, D.; NISA, M. U.; RESHI, M., DOLKAR, T.; HUSSAIN, S. Protected cultivation of ornamentals. **Global Journal of Bio-Science and BioTechnology**, v. 7, n. 2, p. 302-311, 2018.

SOUZA, A. R. C.; PEITER, M. X. P.; ROBAINA, A. D.; SOARES, F.C.; PARIZI, A.R.C.; FERRAZ, R.C. Consumo hídrico e desempenho de *Kalanchoe* cultivado em substratos alternativos. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, p.534-540, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000300006>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2013.

ULLAH, F., OTHMAN, M. B., JAVED, F., AHMAD, Z., & MD AKIL, H. Classification, processing and application of hydrogels: a review. **Materials Science and Engineering**, v. 57, p. 414-433, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.07.053>

ZOHURIAAN-MEHR, M. J., OMIDIAN, H., DOROUDIANI, S., & KABIRI, K. Advances in non-hygienic applications of superabsorbent hydrogel materials. **Journal of Materials Science**, v. 45 n. 21 p. 5711-5735, 2010. <https://doi.10.1007/s10853-010-4780-1>