

Hidrogel na produção de mudas de quiabeiro

Hydrogel in the production of okra seedlings

Nelson Licínio Campos de Oliveira

Doutor

IFNMG, Campus Januária, Brasil

nelson.oliveira@ifnmg.edu.br

Lucas Júnior Souza Sampaio

Graduando

IFNMG, Campus Januária, Brasil

ljss@aluno.ifnmg.edu.br

Rodrigo Amato Moreira 

Doutor

IFNMG, Campus Januária, Brasil

rodrigo.moreira@ifnmg.edu.br

Antônio Fábio Silva Santos 

Mestre

IFNMG, Campus Januária, Brasil

antonio.santos@ifnmg.edu.br

Resumo

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a eficiência do hidrogel adicionado ao substrato no processo de germinação das sementes e o comportamento morfológico das mudas de quiabeiro produzidas submetidas à diferentes turnos de rega. O experimento foi conduzido na Unidade de Olericultura do Instituto Federal de Educação e Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais (IFNMG) – campus Januária, nos meses de julho a agosto de 2023, em ambiente protegido em sistema convencional de produção de mudas. Foi constituído de 10 tratamentos, conduzidos no esquema de parcelas subdivididas, em delineamento de blocos



<https://doi.org/10.28998/rca.23.18341>

Artigo publicado sob a [Licença Creative Commons 4.0](#)

Submetido em: 21/10/2024

Aceito em: 25/01/2025

Publicado: 03/07/2025a

e-Location: 18341

ao acaso, com quatro repetições; nas parcelas foram alocadas o turno de rega (diário e de dois em dois dias) e nas subparcelas, as concentrações de hidrogel® (0,0; 2,5; 5,0; 7,50 e 10,0g kg⁻¹ de substrato) misturado ao substrato de plantio. A cultivar utilizada foi Santa Cruz 47. A unidade experimental foi constituída pela metade de cada bandeja de 50 células, correspondendo a 25 plantas; foram consideradas como parcelas úteis, as nove plantas centrais das três fileiras centrais das bandejas. Ao longo da produção das mudas avaliaram-se o índice de velocidade de emergência, número de folhas, área foliar, massa fresca e seca de folhas, caule, raízes e planta inteira; comprimento e diâmetro de caule, facilidade de retirada da muda das células e consumo hídrico das plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância, teste F, a 5% de probabilidade e análise de regressão. A utilização do hidrogel no substrato interferiu no índice de velocidade de emergência, no crescimento e no desenvolvimento das mudas de quiabeiro. As mudas irrigadas diariamente apresentaram melhor índice de velocidade de emergência com a utilização da dose estimada de 4,45 g de hidrogel kg⁻¹ de substrato, havendo diminuição para as doses ainda maiores. A dose de 10,0 g de hidrogel kg⁻¹ substrato promoveu um melhor desenvolvimento das mudas, com destaque para o sistema radicular. A utilização do hidrogel permitiu o aumento do turno de rega para dois dias sem prejuízo ao desenvolvimento das plantas. A facilidade da retirada das mudas das células, nos tratamentos controle e o tratamento com a dose de 2,5 g de gel kg⁻¹ de substrato submetidos a irrigação a cada dois dias foram inferiores aos demais tratamentos.

Palavras-chave: *Abelmoschus esculentus*; hidroabsorventes; turno de rega.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the efficiency of the hydrogel added to the substrate in the seed germination process and the morphological behavior of the okra seedlings produced subjected to different irrigation shifts. The experiment was conducted at the Olericulture Unit of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Northern Minas Gerais (IFNMG) – Januária Campus, from July to August 2023, in a protected environment in a conventional seedling production system. It consisted of 10 treatments, conducted in a split-plot scheme, in a randomized block design, with four replications; the irrigation shift (daily and every two days) was allocated in the plots and the concentrations of hidrogel® (0.0; 2.5; 5.0;

7.50 and 10.0g kg⁻¹ of substrate) mixed with the planting substrate were allocated in the subplots. The cultivar used was Santa Cruz 47. The experimental unit consisted of half of each 50-cell tray, corresponding to 25 plants; the nine central plants of the three central rows of the trays were considered as useful plots. During seedling production, the emergence speed index, number of leaves, leaf area, fresh and dry mass of leaves, stem, roots and whole plant were evaluated; stem length and diameter, ease of removal of the seedling from the cells and water consumption of the plants. The data were subjected to analysis of variance, F test, 5% probability and regression analysis. The use of hydrogel in the substrate interfered in the emergence speed index, growth and development of okra seedlings. The seedlings irrigated daily presented a better emergence speed index with the use of the estimated dose of 4.45 g of hydrogel kg⁻¹ of substrate, with a decrease for even higher doses. The dose of 10.0 g of hydrogel kg⁻¹ of substrate promoted better seedling development, especially in the root system. The use of hydrogel allowed the increase of the irrigation shift to two days without compromising plant development. The ease of removing the seedlings from the cells in the control treatments and the treatment with the dose of 2.5 g of gel kg⁻¹ of substrate subjected to irrigation every two days was lower than in the other treatments.

Keywords: *Abelmoschus esculentus*; water absorbents; watering shift.

INTRODUÇÃO

A implantação da cultura do quiabeiro normalmente é realizada por meio de semeadura direta, entretanto, devido ao gasto excessivo com sementes, tem sido adotada a implantação a partir de mudas produzidas em recipientes, sendo esta etapa uma das mais importantes do sistema produtivo, já que a produção de mudas de qualidade é essencial para que a planta alcance todo o seu potencial produtivo (Zaccheo et al., 2013).

Embora o quiabeiro seja uma planta rústica e de fácil cultivo, o principal problema na produção está na germinação das sementes, que costuma ser muito lenta e desuniforme, mesmo nas novas cultivares e híbridos desenvolvidos. Isso se deve a um tegumento duro e espesso que é impermeável à água e oxigênio necessários à germinação, fazendo com que as sementes germinem de maneira desuniforme (Modolo et al., 2001) e prejudicando o tempo de transplântio para o campo (Filgueira, 2008).

Nesse sentido, os hidrogéis são compostos capazes de reter grande quantidade de soluções aquosas (Brito et al., 2013), mantendo a umidade no solo por mais tempo, o que pode favorecer a embebição e a germinação das sementes que apresentam dificuldade nesse processo, como no caso específico do quiabeiro.

A incorporação dos grânulos diretamente no substrato é utilizada principalmente para produção de mudas em geral e na produção de hortaliças, enquanto a aplicação do gel já hidratado na cova é utilizada principalmente no transplântio de mudas para o campo em locais onde há dificuldades para a irrigação (Dranski et al., 2013). Entretanto, seus efeitos podem variar dependendo das necessidades específicas de cada espécie, do sistema de produção utilizado e das características e doses do hidrogel (Azevedo et al., 2016).

Os hidrogéis também podem aumentar o número de pelos radiculares e, conseqüentemente, a superfície de contato, liberando água para a planta de acordo com suas necessidades, dessa maneira, possibilitando a redução do número de irrigações diárias necessárias ou o intervalo entre as irrigações para melhorar o desenvolvimento da planta (Lopes et al., 2010).

Com utilizações de doses de hidrogel no cultivo do coentro, Albuquerque Filho et al. (2009) observaram crescimento linear e em produção de mudas de pimentão, Marques e Bastos (2010) verificaram respostas positivas no desenvolvimento das mudas, além do melhor aproveitamento da água de irrigação. Fernandes et al. (2015) constataram melhoria da qualidade de mudas de maracujá e Antas et al. (2024) verificaram efeitos positivos na produção de mudas da espécie arbórea sabiá com utilização de polímeros hidroabsorventes.

No entanto, a aplicação de hidrogel, nas condições edafoclimáticas da Amazônia Oriental, não resultou em melhorias no desenvolvimento vegetativo nem na produtividade do quiabo durante o período chuvoso (Cruz et al., 2024). Nesse contexto, os autores sugerem a realização de mais pesquisas sobre o uso do hidrogel no cultivo dessa cultura.

Diante desses fatos, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho do hidrogel como alternativa para facilitar a germinação de sementes de quiabo da cultivar Santa Cruz 47 produzidas em bandejas, como também a sua eficiência em produzir um estande de mudas mais uniforme e com desenvolvimento mais rápido.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG)-Campus Januária, em ambiente protegido da Unidade de Olericultura, localizado na Fazenda São Geraldo, S/N Km 06, no período de 04/07/2023 a 07/08/2023.

O município de Januária localiza-se no Norte de Minas Gerais, a 15°28'55" de latitude Sul e 44°22'41" de longitude Oeste, com uma altitude média de 454 m.

O plantio foi realizado em casa de vegetação, tipo capela, com 6,0 x 8,0 m, pé-direito de 3,0 m e altura do vão central de 3,30 m, coberta na parte superior ("guarda-chuva") com filme de polietileno aditivado de baixa densidade, de 150 µm, com frontais e laterais com tela sombrite preto de malha de 50%.

Durante o período experimental foram registradas as temperaturas do ar e a umidade relativa do ar, utilizando-se termohigrômetros (modelo HT-208), colocados à altura do dossel das plantas. As temperaturas máximas variaram de 27,5°C a 39,5 °C, com média máxima de 32,74°C, as temperaturas médias variaram de 20,8°C a 24,75°C, com média de 23,13°C, e as temperaturas mínimas variaram de 9,5°C a 17,4°C, com média mínima de 13,51°C. A umidade relativa do ar variou entre 39,5 a 53,5%, com média de 46,39%.

A cultivar de quiabeiro utilizada foi a Santa Cruz 47 da empresa Feltrin. Esta cultivar apresenta alta acessibilidade comercial e produtividade, ciclo de 60 a 70 dias, época de plantio em todas as regiões de setembro a janeiro, frutos de cor verde médio e tamanho de 15 x 2 cm e resistência a podridão bacteriana.

O hidrogel utilizado foi o Gel de Plantio Sollus- Titanium gel ®, produzido pela Solo Rico Agrociências. O substrato utilizado foi o composto orgânico produzido pela Gran Terra vegetal, e que apresenta em sua composição compostagem de resíduos de madeira, adubo de origem animal e terra vegetal. Com relação às suas especificações, possui um pH de 6,5; 30% de umidade; 26% de matéria orgânica; CTC 455 mmol kg⁻¹; e condutividade elétrica de 2,5.

O experimento foi constituído de 10 tratamentos correspondendo a cinco doses de hidrogel e dois turnos de rega. Foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Nas parcelas foram alocados os dois tipos de turno de rega dos substratos (turno de rega diário e a cada dois dias) e nas

subparcelas, as concentrações do hidrogel (0 g kg^{-1} ; $2,5 \text{ g kg}^{-1}$; $5,0 \text{ g kg}^{-1}$; $7,5 \text{ g kg}^{-1}$ e $10,0 \text{ g kg}^{-1}$ de substrato).

A unidade experimental foi constituída pela metade de cada bandeja de polietileno de 50 células, correspondendo a 25 plantas. Foram consideradas como áreas úteis as nove plantas centrais das três fileiras centrais das bandejas. As bandejas foram alocadas sobre 4 suportes telados de 1,20 m de altura.

A semeadura foi realizada com uma semente por célula a uma profundidade de aproximadamente 1,0 centímetro.

Após a semeadura, as bandejas foram irrigadas abundantemente e cobertas com sacos plásticos para evitar perda de água por evaporação e para que o excesso de água fosse drenado apenas pelos furos no fundo da bandeja até a manhã do dia seguinte. Após esse período, cada bandeja foi pesada para se saber a sua massa em capacidade de campo, valor este que foi utilizado como parâmetro para as posteriores irrigações. Aos 14 e 22 dias após a semeadura, o processo foi repetido para verificar se o desenvolvimento das mudas alterou a massa da bandeja.

Para o manejo de irrigação, cada bandeja foi pesada diariamente para observar a perda de massa naquele respectivo dia quando comparada ao valor da massa da bandeja em capacidade de campo obtida ao início do experimento. Dessa forma, a diferença de massa obtida diariamente em cada bandeja quando comparada à sua massa inicial representava a quantidade de água que a bandeja havia perdido nas condições climáticas daquele respectivo ambiente, deveria ser reposta.

A diferença de massa observada era convertida em mL, e então era realizada a aplicação com um auxílio de uma seringa em cada célula da quantidade de água necessária para elevar o substrato novamente à sua capacidade de campo.

Cada bandeja recebeu uma etiqueta referente à dose de hidrogel e da irrigação a que foi submetida. Aos 35 dias, nove mudas centrais de cada subparcela foram retiradas, sendo observada a facilidade das mudas das células e agregação do substrato às raízes.

Diariamente foi realizado o monitoramento de pragas e doenças nas plantas, e aos 15 e 26 dias foi observado a presença de pulgões, moscas brancas e larva minadora em algumas bandejas, sendo necessário a aplicação do inseticida sistêmico de ingestão e contato Benevia®

(Ingrediente ativo: Ciantraniliprole 100g/L), pertencente ao grupo químico das diamidas antranílicas (IRAC - grupo 28), registrado para a cultura do quiabeiro. A aplicação do produto foi realizada com a utilização de um borrifador ao final da tarde.

Foram avaliados: índice de velocidade de emergência (IVE), número de folhas planta⁻¹ (NFP), área foliar planta⁻¹ (AFP), massa fresca (MFFP) e seca (MSFP) de folhas planta⁻¹, comprimento do caule planta⁻¹ (CCP), diâmetro do caule planta⁻¹ (DCP), massa fresca (MFCP) e seca (MSCP) de caule planta⁻¹, massa fresca (MFRP) e seca (MSRP) de raiz planta⁻¹, massa fresca (MFT) e seca (MST) total, facilidade de retirada da muda da célula (FRM) e quantidade de água consumida diariamente por mudas de quiabeiro (QA)

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi avaliado pelas contagens diárias das plântulas emergidas conforme a metodologia recomendada por Maguire (1962): $IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn$. Na qual, IVE = índice de velocidade de emergência; E1, E2,... En = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem e N1, N2,... Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem.

A avaliação do IVE foi realizada a partir da contagem diária de plântulas normais (com as duas folhas iniciais totalmente formadas) emergidas a partir do sexto dia após o plantio (quando apareceu a primeira). A avaliação foi mantida por 17 dias após o início da contagem, quando estabilizou o aparecimento de plântulas normais.

O NFP foi obtido por meio da contagem de todas as folhas presentes maiores que 0,5 cm de comprimento das nove plantas coletadas.

Para AFP da planta foram retiradas três folhas de cada planta. Destas folhas, foram retirados três discos do limbo foliar, com o auxílio de um disco de metal. Estes foram secos em estufa, e a área foliar foi determinada pela seguinte equação:

$$AFP = ND \cdot AD \cdot MSL / MSD$$

Em que AFP = área foliar da planta em (cm²)

ND = número de discos amostrados;

AD = área do disco (cm²);

MSL = massa da matéria seca do limbo foliar (mg);

MSD = massa da matéria seca dos discos (mg).

As medições do CCP (cm) e do DCP (mm) foram realizadas com auxílio de um paquímetro digital.

A MFFP, MFCP e MFRP foram obtidas após secagem em estufa, com ventilação forçada a 65°C, até massa constante, utilizando balança analítica, expressa em mg planta⁻¹.

A MST obtida pela soma das MSFP, MSCP e MSRP.

Ao final do experimento (35 dias após a semeadura) foi avaliada a facilidade de retirada da muda da célula e agregação do substrato às raízes. Para tal, foi utilizada uma escala de um a três, na qual 1 (um) representa a máxima dificuldade de retirada ou esboroamento máximo dos torrões que compõem a célula, 2 (dois) representa dificuldade intermediária para a retirada ou esboroamento mediano e 3 (três) denota a máxima facilidade na retirada e apresenta o torrão da célula íntegro (Correia et al., 2003).

A quantidade de água consumida foi expressa em (mL), a partir da aferição realizada diariamente.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Independentemente da significância da interação, procedeu-se o desdobramento das mesmas para todas as características. As médias do fator qualitativo (turno de rega de um e dois dias) foram comparadas pelo teste F, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (doses de hidrogel), procedeu-se à análise de regressão, sendo os modelos escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, adotando-se os níveis de 1 e 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação R² e no fenômeno biológico em estudo. O programa estatístico utilizado foi o software estatístico SISVAR[®] (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao analisar o comportamento dos resultados obtidos a partir da análise de regressão dos valores do IVE (Tabela 1), observa-se que houve diferença significativa entre as doses de hidrogel para as plantas irrigadas diariamente, expressando uma equação quadrática, cujo IVE chegou ao seu ponto máximo de 4,51 na dose estimada de 4,45 g kg⁻¹ de substrato. Isso pode ser justificado pela maior uniformidade da umidade do substrato e maior facilidade de intumescimento da semente.

Tabela 1 - Equações de regressão para a característica de índice de velocidade de emergência (IVE) de mudas de quiabeiro em função das doses de hidrogel (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 g de hidrogel kg⁻¹ de substrato) e do manejo de irrigação (diária e a cada dois dias). Januária - MG. IFNMG, 2023

Variável	Irrigação	Equação	R ²	Dose	ŷ _{máx}
IVE	1	$\hat{y} = 3,44 + 0,479179x^* - 0,053818x^{2**}$	0,9671	4,45	4,501
	2	$\hat{y} = 3,90$			

** e * significativos, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade.

No entanto, para os tratamentos utilizando as doses superiores a 4,45 g do gel ocorreu um decréscimo no IVE conforme aumento das doses, provavelmente provocado pela capacidade do hidrogel reter uma quantidade de água que diminui a aeração no substrato. Segundo Kozłowski e Pallardy (1997) a ativação dos processos fisiológicos necessários para a germinação requer apropriado suprimento de água, temperatura adequada e presença de oxigênio.

A saturação de água no substrato restringe a disponibilidade de oxigênio para o embrião, inibindo ou retardando a germinação das sementes, já que durante grandes períodos de hipoxia, o metabolismo energético das sementes é bastante afetado e a via glicolítica é desviada para a via fermentativa (Bertani et al., 1980).

Para as plantas irrigadas a cada dois dias não houve diferença significativa para nenhum dos tratamentos, com um IVE médio de 3,90.

Dentro do contexto dos fatores estatísticos e dos fenômenos biológicos constata-se que com a irrigação sendo realizada todos os dias, a utilização de 4,45 gramas de hidrogel incorporado ao substrato mostrou-se favorável para um melhor desempenho na velocidade e uniformidade da germinação.

O trabalho experimental evidencia que o IVE não apresentou diferença significativa entre cada dose do hidrogel/kg e os turnos de rega (Tabela 2).

Ao analisar o comportamento dos resultados obtidos a partir da análise de regressão, todas as características de folha avaliadas apresentaram diferença significativa, exceto para o NFP, cuja quantidade observada em todos os tratamentos foi uma média de 3,79 folhas por planta (Tabela 3).

Tabela 2 - Valores médios do índice de velocidade de emergência (IVE) das plântulas de quiabeiro, em função das doses de hidrogel adicionada ao substrato e dos turnos de rega em dias. Januária - MG. IFNMG, 2023

Características	Turno de rega em dias ¹	Dose (g kg ⁻¹ de substrato) ²					CV(%) ¹	CV(%) ²
		0,0	2,5	5,0	7,5	10,0		
IVE	1	3.50 a	4.25 a	4.50 a	4.00 a	2.75 a	19.86	19.44
	2	3.50 a	4.75 a	3.50 a	5.00 a	3.25 a		

* Nas colunas, as médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada característica, não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade. ¹ parcela e ² subparcela.

Tabela 3 - Equações de regressão para as características de número de folhas planta⁻¹ (NFP), massa fresca de folhas planta⁻¹ (MFFP), massa seca de folhas planta⁻¹ (MSFP) e área foliar planta⁻¹(AFP) de mudas de quiabeiro em função das doses de hidrogel (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 g de hidrogel kg⁻¹ de substrato) e do manejo de irrigação (diária e a cada dois dias). Januária - MG. IFNMG, 2023

Características	Turno de rega em (dias)	Equação	R ²	Dose (g kg ⁻¹ de substrato)	ŷmáx
NFP (nº de folhas planta ⁻¹)	1	ŷ= 3,793			
	2	ŷ= 3,794			
MFFP (mg planta ⁻¹)	1	ŷ= 629,87 + 8,678344x*	0,8261	10	716,6534
	2	ŷ= 570,10 + 12,866242x**	0,8825	10	698,7624
MSFP (mg planta ⁻¹)	1	ŷ= 72,40 + 1,192675x*	0,734	10	84,3267
	2	ŷ= 68,75 + 1,125x*	0,8198	10	80,0000
AFP (cm ² planta ⁻¹)	1	ŷ= 18,31 + 0,265573x*	0,8774	10	20,9657
	2	ŷ= 17,48 + 0,282269x*	0,7852	10	20,3027

** e * significativos, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade.

Com relação à característica de MFFP, tanto na irrigação diária quanto no turno de rega de dois dias, ambas apresentaram comportamento de regressão linear crescente. A dose de 10,0 g de hidrogel por kg de substrato foi significativamente superior as demais doses estudadas, apresentando os valores para irrigação diária e de dois em dois dias, respectivamente, 716,65 mg; e 698,76 mg (Tabela 3). Da mesma forma, a MSFP também mostrou maiores resultados para esta mesma dosagem em ambos os manejos de irrigação, sendo estes respectivamente, 84,33 mg e 80,0 mg (Tabela 3).

No cultivo do coentro, Albuquerque Filho et al. (2009) observaram crescimento linear no rendimento de massa verde e seca testando o hidrogel Hidratassolo® na dose (0,4,8,12 e 16 dg kg⁻¹ de solo seco). No presente trabalho foi possível observar comportamento linear

crescente para ambas as características na dose de 10,0 g de hidrogel kg⁻¹ de substrato, que foi significativamente superior às demais doses estudadas.

O comportamento da AFP nos dois turnos de rega expressou o modelo de regressão linear crescente. Os maiores valores foram também obtidos na dosagem de 10,0 g de hidrogel kg⁻¹ de substrato, sendo 20,97 cm² para as plantas irrigadas diariamente; e 20,30 cm² para as plantas irrigadas a cada 2 dias (Tabela 3).

O crescimento de uma planta está diretamente relacionado com a quantidade de assimilados presentes nos órgãos da planta, e essa assimilação é resultado da eficiência fotossintética e da área foliar. Estima-se que menos de 1% da água que passa através da planta é utilizado no processo fotossintético, todavia, o estresse hídrico impõe redução na taxa fotossintética e, por consequência na acumulação de massa seca da planta, sendo que a redução da atividade fotossintética ocorre bem antes de que o déficit hídrico se verifique (Puiatti e Finger, 2019).

Dentre as características foliares avaliadas houve diferenças significativas para as características de NFP na dose 2,5 g kg⁻¹ irrigadas a cada dois dias, com 3,92 folhas/planta; e MFFP na dose 0,0 g kg⁻¹ irrigadas diariamente, com 625,0 mg (Tabela 3). Nas demais características avaliadas (MSFP e AFP) não houve diferenças significativas em ambos os manejos de irrigação (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios do número de folhas planta⁻¹ (NFP), massa fresca de folhas planta⁻¹ (MFFP), massa seca de folhas planta⁻¹ (MSFP) e área foliar planta⁻¹ (AFP) de mudas de quiabeiro, em função das doses de hidrogel adicionadas ao substrato e dos turnos de rega em dias. Januária - MG. IFNMG, 2023

Características	Turno de rega em dias ¹	Dose (g kg ⁻¹ de substrato) ²					CV (%) ¹	CV (%) ²
		0,0	2,5	5,0	7,5	10,0		
NFP (nº de folhas planta ⁻¹)	1	3,70 a	3,67 b	3,75 a	3,78 a	3,83 a	2,44	4,11
	2	3,56 a	3,92 a	3,89 a	3,95 a	3,89 a		
MFFP (mg planta ⁻¹)	1	625,0 a	647,5 a	687,5 a	717,5 a	697,5 a	6,76	7,49
	2	550,0 b	630,0 a	640,0 a	685,0 a	680,0 a		
MSFP (mg planta ⁻¹)	1	70,50 a	75,50 a	82,00 a	84,00 a	81,00 a	8,49	7,11
	2	67,56 a	74,00 a	73,75 a	80,25 a	77,75 a		
AFP (cm ² planta ⁻¹)	1	18,16 a	18,86 a	20,16 a	20,73 a	20,54 a	9,53	6,41
	2	16,81 a	19,06 a	19,11 a	19,97 a	19,78 a		

* Nas colunas, as médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada característica, não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade. ¹ parcela e ² subparcela.

A diferença significativa superior do NFP no turno de rega de dois dias durante a produção das mudas pode ser justificada pela influência mútua da dose 2,5 g kg⁻¹ de hidrogel

com o turno de rega de dois dias, combinação essa que proporcionou uma retenção de água e oxigenação adequada para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Os géis hidrorretentores são capazes de absorver e reter grande quantidade de água e/ou fluídos biológicos, isso ocorre devido à constituição do seu material, formado por redes poliméricas hidrofílicas química ou fisicamente reticuladas que se alteram com a hidratação (Brito et al., 2013).

Quanto a MFFP, característica intrínseca do processo fotossintético, constata-se o efeito unitário da disponibilidade hídrica constante e equilibrada em relação das doses utilizadas em todo o processo de formação das mudas.

A água, além de ser o maior componente da matéria fresca dos tecidos das plantas, é o meio no qual ocorrem os processos metabólicos celulares e o meio de transporte entre células nos tecidos e órgãos vegetais, sendo que a constante disponibilidade é essencial para a realização da fotossíntese (Puiatti e Finger, 2019).

A partir da análise de regressão, para as características de CCP, DCP e MFCP (Tabela 5), não houve diferença significativa para nenhuma dose de hidrogel ou manejo de irrigação, e apresentou como valores médios, respectivamente; 8,22 cm; 1,992 mm; e 369,50 mg.

A MSCP, no entanto, foi superior na dose estimada de 5,89 g de hidrogel kg⁻¹ de substrato para as plantas irrigadas diariamente; e 5,91 g de hidrogel kg⁻¹ de substrato para as plantas irrigadas a cada 2 dias, sendo essa massa, respectivamente 53,40 mg e 53,62 mg (Tabela 5).

Tabela 5 - Equações de regressão para as características de comprimento de caule planta⁻¹ (CCP), diâmetro de caule planta⁻¹ (DCP), massa fresca de caule planta⁻¹ (MFCP), e massa seca de caule planta⁻¹ (MSCP) de mudas de quiabeiro em função das doses de hidrogel (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 g de hidrogel kg⁻¹ de substrato) e do manejo de irrigação (diária e a cada dois dias). Januária - MG. IFNMG, 2023

Características	Turno de rega em (dias)	Equação	R ²	Dose (g/ kg de substrato)	ŷmáx
CCP (cm planta ⁻¹)	1	ŷ= 8,2273			
	2	ŷ= 8,2273			
DCP (mm planta ⁻¹)	1	ŷ= 1,992			
	2	ŷ= 1,992			
MFCP (mg planta ⁻¹)	1	ŷ= 369,50			
	2	ŷ= 369,50			
MSCP (mg planta ⁻¹)	1	ŷ= 45,80 + 2,577291x* - 0,218559x ² *	0,7392	5,89	53,398
	2	ŷ= 46,478 + 2,418804x* - 0,204683x ² *	0,9753	5,91	53,624

** e * significativos, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade.

É importante destacar que a qualidade das mudas depende de diversos fatores (Oliveira et al., 2014), uma vez que o crescimento e o desenvolvimento adequados das plantas são influenciados por condições ambientais, como a disponibilidade de água e nutrientes minerais na solução nutritiva, temperatura, umidade, intensidade, qualidade e duração da luz, além da concentração de CO₂ na atmosfera (Puiatti e Finger, 2019). Essas variáveis podem tanto favorecer quanto prejudicar o crescimento das plantas, dependendo das condições do ambiente.

O hidrogel por ter a capacidade de condicionador de solo e principalmente em reter e liberar água e nutrientes para as plantas, pode ter influenciado na atividade fotossintética da planta diante da constante fluência de liberação de água e nutrientes, ampliando a matéria seca do caule.

O comportamento de todas as características de caule não mostrou diferenças significativas para as doses de hidrogel adicionadas ao substrato com turno de rega diário e a cada 2 dias, evidenciando que as características morfológicas do caule não foram alteradas (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios do comprimento do caule planta⁻¹ (CCP), diâmetro do caule planta⁻¹ (DCP), massa fresca do caule planta⁻¹ (MFCP) e massa seca do caule planta⁻¹ (MSCP), das mudas de quiabeiro, em função das doses de hidrogel adicionadas ao substrato e dos turnos de rega aplicados em intervalos de um e dois dias. Januária – MG, IFNMG, 2023

Características	Turno de rega em dias ¹	Dose (g kg ⁻¹ de substrato) ²					CV1 (%)	CV2 (%)
		0,0	2,5	5,0	7,5	10,0		
CCP (cm planta ⁻¹)	1	8,30 a	8,23 a	8,49 a	8,35 a	7,98 a	4,43	4,58
	2	8,16 a	8,42 a	8,32 a	8,22 a	7,83 a		
DCP (mm planta ⁻¹)	1	2,01 a	1,92 a	2,03 a	2,02 a	2,00 a	4,90	4,60
	2	1,89 a	2,02 a	2,08 a	1,95 a	2,02 a		
MFCP (mg planta ⁻¹)	1	372,5 a	347,5 a	400,0 a	382,5 a	362,5 a	9,23	9,29
	2	342,5 a	375,0 a	382,5 a	375,0 a	355,0 a		
MSCP (mg planta ⁻¹)	1	46,50 a	49,00 a	55,50 a	52,25 a	49,50 a	7,43	9,77
	2	46,25 a	52,50 a	53,25 a	52,25 a	50,50 a		

* Nas colunas, as médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada característica, não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade. ¹ parcela e ² subparcela.

As características de MFRP e MSRP no turno de rega diário não apresentaram diferença significativa, com valores médios de 580,25 e 42,15 mg planta⁻¹, respectivamente. No entanto, as características MFRP e MSRP, no turno de rega de dois dias apresentaram diferença significativa e comportamento linear crescente, onde a dose 10,0 g kg⁻¹ de substrato proporcionou 640,89 e 44,06 mg planta⁻¹, respectivamente (Tabela 7).

Quando a irrigação foi feita diariamente, a presença de hidrogel no substrato não influenciou no desenvolvimento do sistema radicular, já que possivelmente o turno de rega não permitia que o substrato perdesse umidade a ponto de ser prejudicial para as plantas.

Tabela 7 - Equações de regressão para as características de massa fresca de raiz planta⁻¹ (MFRP) e massa seca de raiz planta⁻¹ (MSRP) de mudas de quiabeiro em função das doses de hidrogel (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 g de hidrogel kg⁻¹ de substrato) e do manejo de irrigação (diário e a cada dois dias). Januária - MG. IFNMG, 2023

Características	Turno de rega em (dias)	Equação	R ²	Dose (g kg ⁻¹ de substrato)	ŷmáx
MFRP (mg planta ⁻¹)	1	ŷ = 580,25	0,7975	10	640,89
	2	ŷ = 480,70 + 16,019108x*			
MSRP (mg planta ⁻¹)	1	ŷ = 42,15	0,8099	10	44,06
	2	ŷ = 35,40 + 0,865446x**			

** e * significativos, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade.

Já nas plantas submetidas à irrigação a cada dois dias, foi observado um melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas conforme aumentavam as doses. Logo, para o tratamento com 10,0 g kg⁻¹ de substrato foram observados os maiores valores de MFRP e MSRP, sendo esses respectivamente 640,89 mg e 44,05 mg, respectivamente.

A MSRP no tratamento com a dose de 10 g de hidrogel irrigada a cada dois dias foi 14,64% maior quando comparada à testemunha sujeita ao mesmo manejo de irrigação.

Wofford (1989) destacou que o hidrogel incorporado ao substrato aumenta a porosidade do solo, fazendo com que as raízes das plantas cresçam por dentro dos grânulos do polímero hidratado, havendo um grande desenvolvimento de pelos radiculares que aumentam a superfície de contato da raiz com a água e nutrientes disponíveis na solução, facilitando a absorção de ambos.

As características de MFRP e MSRP não apresentaram diferença significativa em função das doses de hidrogel e turnos de rega, exceto para a característica de MSRP das mudas

produzidas sob a dose de 5,0 g kg⁻¹ de substrato submetida à irrigação diária, com MSRP= 47,25 mg (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores médios de massa fresca de raiz planta⁻¹ (MFRP) e massa seca de raiz planta⁻¹(MSR) das mudas de quiabeiro, em função de doses de hidrogel adicionadas ao substrato e dos turnos de rega aplicados em intervalos de um e dois dias. Januária – MG, IFNMG, 2023

Características	Turno de rega em dias ¹	Dose (g kg ⁻¹ de substrato) ²					CV (%) ¹	CV (%) ²
		0,0	2,5	5,0	7,5	10,0		
MFRP (mg planta ⁻¹)	1	570,0 a	565,0 a	607,5 a	662,5 a	577,5 a	20,04	10,91
	2	470,0 a	522,5 a	572,5 a	655,0 a	600,0 a		
MSRP (mg planta ⁻¹)	1	41,00 a	40,75 a	47,25 a	49,25 a	43,75 a	8,67	9,54
	2	35,50 a	37,25 a	39,50 b	45,00 a	42,25 a		

* Nas colunas, as médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada característica, não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade. ¹ parcela e ² subparcela.

Segundo Navroski et al. (2014), o hidrogel quando presente no substrato de plantio permite uma superfície de contato maior entre o sistema radicular e a junção de água e minerais adsorvidos em uma solução, oferecendo à planta um desenvolvimento satisfatório. Em contrapartida, reduz perdas superficiais e por percolação, promovendo a ampliação da atividade fotossintética e evidentemente alocação de fotoassimilados para as raízes.

Avaliando a planta como um todo, a MFT das plantas irrigadas diariamente mostrou uma média de 1.605,75 mg, não apresentando diferença significativa entre as doses do gel. Para as plantas irrigadas a cada 2 dias, os valores MFT obtidos apresentaram comportamento linear crescente, cujo valor máximo estimado foi 1711,12 mg para a dose de 10,0 g de gel kg⁻¹ de substrato (Tabela 9).

Tabela 9 - Equações de regressão para as características de massa fresca total (MFT) e massa seca total (MST) de mudas de quiabeiro em função das doses de hidrogel (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 g de hidrogel kg⁻¹ de substrato) e do manejo de irrigação (diária e a cada dois dias). Januária - MG. IFNMG, 2023

Características	Turno de rega em (dias)	Equação	R ²	Dose (g kg ⁻¹ de substrato)	ŷmáx
MFT (mg planta ⁻¹)	1	ŷ= 1605,75	0,8008	10	1711,119
	2	ŷ= 1410,88 + 30,023885x**			
MST (mg planta ⁻¹)	1	ŷ= 155,21 + 7,806138x* - 0,561988x ² *	0,7924	6,95	182,3173
	2	ŷ= 153,27 + 2,341561x**	0,7702	10	176,6856

** e * significativos, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade.

Com relação a MST, os valores observados para as mudas irrigadas diariamente apresentaram comportamento de uma equação quadrática, cujo ponto máximo foi 182,32 mg, observado na dose estimada de 6,95 g de hidrogel kg⁻¹ de substrato. Quando irrigadas a cada 2 dias, os valores apresentam uma equação linear crescente, cujo na maior dose foi observado um valor de MST de 176,69 mg. Resultado semelhante foi observado por Marques e Bastos (2010), que encontraram respostas positivas lineares no desenvolvimento das mudas de pimentão, além do melhor aproveitamento da água de irrigação ao testarem as doses do hidrogel (0; 1; 1,5; e 2 g kg⁻¹ de solo).

É esperado que ao utilizar doses ainda maiores que 10,0 g kg⁻¹ de substrato poderá haver um ponto em que este irá ser prejudicial à planta, tanto por questões nutritivas quanto por saturação de água. Logo, recomenda-se o desenvolvimento de outros trabalhos testando quantidades ainda maiores do gel, para verificar até qual dose terá um efeito positivo no desenvolvimento das mudas.

A utilização do hidrogel na dose de 10,0 g proporcionou um melhor desenvolvimento das mudas, em especial do sistema radicular. Segundo Grossnickle (2005), mudas com sistema radicular forte têm maior probabilidade de superar, após o transplante, os efeitos negativos da seca, baixas temperaturas do solo, compactação do solo e umidade do ar, além de influenciar diretamente a absorção de nutrientes.

A MFT somente apresentou diferença significativa para a dose (0,0) testemunha, onde o turno de rega diário foi superior ao turno de dois dias. Fato este justificado pela ausência do hidrogel e a umidade necessária para a germinação das sementes. Quanto a MST, não houve diferença significativa entre as doses de hidrogel e turnos de rega (Tabela 10).

Tabela 10 -Valores médios da massa fresca total (MFT) e massa seca total (MST), das mudas de quiabeiro, em função de doses de hidrogel adicionadas ao substrato e dos turnos de rega em dias. Januária – MG, IFNMG,2023

Características	Turno de rega em dias ¹	Dose (g kg ⁻¹ de substrato) ²					CV (%) ¹	CV (%) ²
		0,0	2,5	5,0	7,5	10,0		
MFT (mg planta ⁻¹)	1	1567,5 a	1560,0 a	1695,0 a	1762,5 a	1637,5 a	8,09	6,94
	2	1362,5 b	1527,5 a	1595,0 a	1715,0 a	1635,0 a		
MST (mg planta ⁻¹)	1	158,0 a	165,3 a	184,8 a	185,5 a	174,3 a	7,03	7,14
	2	149,0 a	163,8 a	166,5 a	177,5 a	170,5 a		

* Nas colunas, as médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada característica, não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade. ¹ parcela e ² subparcela.

Os dados coletados para o consumo hídrico das bandejas com diferentes doses de hidrogel demonstraram que quanto maior foi a dose de hidrogel, maior foi a perda de água diariamente, formando assim uma equação linear crescente, onde os tratamentos sem hidrogel (testemunhas) perderam menos água diariamente quando comparados as bandejas com a maior dose de hidrogel (10,0 g kg⁻¹ de substrato) (Tabela 11).

Tabela 11 - Equações de regressão para a característica de quantidade de água (QA) consumida diariamente por mudas de quiabo em função das doses de hidrogel (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 g de hidrogel kg⁻¹ de substrato) e do manejo de irrigação (diária e a cada dois dias). Januária - MG. IFNMG, 2023

Características	Turno de rega em (dias)	Equação	R ²	Dose (g kg ⁻¹ de substrato)	ŷ _{máx}
QA (ml parcela ⁻¹)	1	$\hat{y} = 218,25 + 3,654459x^{**}$	0,7603	10	254,7946
	2	$\hat{y} = 196,25 + 2,345541x^*$	0,8048	10	219,7054

** e * significativos, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade.

Esta observação não condiz com o que era esperado com a utilização do hidrogel, já que a principal característica do produto descrita na literatura é a conservação da água no solo. Contudo, este fato pode ser justificado por vários fatores relacionados ao comportamento hídrico das plantas e à dinâmica do hidrogel no solo.

O hidrogel tem a capacidade de absorver grandes quantidades de água, formando um reservatório que fica disponível para as plantas ao longo do tempo. Quando o hidrogel está presente em maior quantidade, ele aumenta a retenção de água no substrato, mantendo-o em um estado de umidade mais constante e elevado (Souza, 2022). Essa disponibilidade hídrica favorece o crescimento e a atividade fisiológica das plantas, incluindo a transpiração. Segundo Wang et al, 2021, em condições onde a disponibilidade de água não é um fator limitante, as plantas tendem a manter seus estômatos mais abertos, aumentando assim a transpiração. Portanto, é provável que as mudas tenham absorvido água abundantemente, aumentando o consumo hídrico total.

Além disso, o quiabeiro é uma planta conhecida por seu sistema radicular vigoroso, que é altamente responsivo à disponibilidade de água no solo. Quando o hidrogel está presente em doses maiores, ele não apenas aumenta a retenção de água, mas também proporciona uma distribuição mais uniforme da umidade ao redor das raízes. Isso pode ter

incentivado um crescimento radicular mais robusto, permitindo que as plantas explorassem uma maior área do substrato e absorvessem mais água (Souza, 2022).

Como as características de área foliar e desenvolvimento do sistema radicular responderam positivamente ao aumento das doses do hidrogel, as plantas cultivadas sob as maiores doses tiveram uma taxa de absorção e transpiração maior. O aumento no consumo de água pode, portanto, ser atribuído ao fato de que as plantas, ao encontrarem um ambiente hídrico favorável, intensificam suas atividades fisiológicas, incluindo a transpiração, para maximizar seu crescimento.

Por outro lado, o hidrogel também influencia a estrutura física do solo ou substrato. Uma das forças que atuam sobre a água no solo é a potencial mátrica ou matricial, que representa a interação entre a matriz do solo (granulometria, estrutura e poros) e a água (Libardi, 2005). Para remover a água retida por estas forças é necessário energia, sendo que a quantidade de energia necessária é maior quanto mais seco estiver o solo. Ou seja, quanto mais água presente no solo, mais facilmente esta será perdida; e quanto mais seco estiver o solo, mais fortemente a água será retida (Libardi, 2005).

Em doses elevadas, o hidrogel pode criar microambientes no solo que favorecem a absorção de água pelas raízes. Esses microambientes podem reduzir a resistência ao fluxo de água no solo, tornando mais fácil para as plantas acessarem a água disponível (Guilherme, 2023). Como resultado, mesmo que as doses elevadas de hidrogel pareçam favorecer a retenção de água, o efeito combinado de maior disponibilidade e acessibilidade hídrica pode ter levado a um aumento no consumo de água pelas plantas.

No momento da irrigação foi notado que nas bandejas com os tratamentos testemunha e com 2,5 g de hidrogel ocorreu uma maior dificuldade para a infiltração da água no solo, enquanto nas bandejas com as doses mais altas a água infiltrou facilmente no substrato. Isso mostra a influência do hidrogel sobre as características físicas do substrato, melhorando a porosidade e diminuindo a compactação, como descrito por Wofford (1998) e posteriormente por Klein e Klein (2015).

A quantidade de água consumida diariamente somente não apresentou diferença significativa para a testemunha (0,0 g) para os turnos de rega diário e de dois em dois dias (Tabela 12). Para as demais doses, as plantas consumiram mais água no turno de rega diário.

Este fenômeno é justificado pela capacidade do hidrogel em reter grande quantidade de água e nutrientes, e liberá-los lentamente em condições de estresse, reduzindo assim o número de irrigações (Saad et al., 2009).

Tabela 12 - Valores médios da quantidade de água (QA) consumida diariamente por mudas de quiabeiro, em função de doses de hidrogel em (g) adicionadas ao substrato e dos turnos de rega aplicados em intervalos de um e dois dias. Januária – MG, IFNMG, 2023

Características	Turno de rega em dias ¹	Dose (g kg ⁻¹ de substrato) ²					CV (%) ¹	CV (%) ²
		0,0	2,5	5,0	7,5	10,0		
QA(mlparcela ⁻¹)	1	210,0 a	232,8 a	247,3 a	249,5 a	246,8 a	6,17	7,27
	2	193,0 a	204,0 b	211,5 b	220,0 b	213,8 b		

* Nas colunas, as médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada característica, não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade. ¹ parcela e ² subparcela.

Os resultados obtidos para a característica de facilidade de retirada das mudas no momento da coleta demonstraram que as plantas irrigadas diariamente não sofreram influência da dosagem de hidrogel, apresentando para ambos a máxima facilidade de retirada do torrão íntegro (Tabela 13). Entretanto, quando submetidas a irrigação a cada dois dias, as testemunhas e as plantas cultivadas sob a dose de 2,5 g de hidrogel demonstram maior dificuldade para retirada do torrão íntegro da célula, quando comparado aos demais tratamentos.

Tabela 13- Facilidade de retirada da muda da célula e agregação do substrato à raiz para as plantas cultivadas em substrato com diferentes concentrações de hidrogel e submetidas à irrigação diária e a cada dois dias. Januária - MG. IFNMG, 2023

Dose de Hidrogel (g)	Turno de rega (dias)	
	1 dia	2 dias
0	3	2
2,5	3	2
5,0	3	3
7,5	3	3
10,0	3	3

Notas: 1- representa a máxima dificuldade de retirada ou esboroamento máximo dos torrões que compõem a célula; 2- representa dificuldade intermediária para a retirada ou esboroamento mediano; e 3- denota a máxima facilidade na retirada e apresenta o torrão da célula íntegro.

Como os resultados obtidos para a característica de matéria fresca e seca das raízes das plantas submetidas à irrigação a cada 2 dias demonstraram um comportamento linear positivo à dose de gel, pode-se inferir que o menor desenvolvimento do sistema radicular é o

responsável pela dificuldade de retirada das mudas da bandeja, já que é este o responsável por manter a estrutura do torrão no momento do transplântio e garantir uma melhor adaptação da muda no campo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados, ficou evidente que as mudas irrigadas diariamente apresentaram um melhor IVE com a utilização da dose estimada de 4,45 g de hidrogel/kg de substrato, havendo diminuição para as doses ainda maiores. Além disso, a dose de 10,0 g de hidrogel/kg substrato promoveu melhor desenvolvimento das mudas, com destaque para o sistema radicular e a utilização do hidrogel permitiu o aumento do turno de rega para dois dias sem prejuízo no desenvolvimento das plantas.

REFERÊNCIAS

ANTAS, R. N. ANTAS; MENDONÇA, L. F. M.; SILVA, J. N.; GUIMARÃES, A. G. C; ARAÚJO, L. M.; FREIRE, A. L. O.; MEDEIROS, J. C.G.; LUCENA, J. V. P. Production of *Mimosa caesalpinifolia* benth seedlings using a waterabsorbing polymer and different water regimes. *Revista Caatinga*, 2024, 37, e12314.

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; LIMA, V. L. A.; MENEZES, D.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; SILVA JUNIOR, J. G. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2009, 13, 671– 679.

AZEVEDO, G. T. O. S.; AZEVEDO, G. B.; SOUZA, A. M; MEWS, C. L.; José Raimundo Sousa, J. R. L. Effect of hydrogel doses in the quality of *Corymbia citriodora* Hill & Johnson seedlings. *Nativa*. 2016, 4, 244-248.

BERTANI, A.; BRAMBILLA, I.; MENEGUS, P. Effect of anaerobiosis on rice seedlings: growth, metabolic rate, and fate of fermentation products. *Journal of Experimental Botany*. 1980, 31, 325-33.

BRITO, C. W. Q.; RODRIGUES, F. H. A.; FERNANDES, M. V. S.; SILVA, L. R. D.; RICARDO, N. M. P. S.; FEITOSA, J. P. A.; MUNIZ, E. C. Síntese e caracterização de hidrogéis compósitos a partir de copolímeros acrilaminaacrilato e caulim: efeito da constituição de diferentes caulins do nordeste brasileiro. *Química Nova*. 2013, 36, 40-45.

CORREIA, D.; ROSA, M. F.; NORÕES, E. R. V.; ARAUJO, F. B. Uso do pó da casca de coco na formulação de substratos para formação de mudas enxertadas de cajueiro anão precoce. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2003, 25, 557-558.

CRUZ, V. C. DA; MARIANO, D. DE C.; EBLING, ÂNGELO A.; AMARAL, V. M.; VIÉGAS, I. DE J. M.; OLIVEIRA NETO, C. F. DE; FRANCO, A. A. N. Aplicação de hidrogel na produção de mudas de quiabo. 2024. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 22, 1-15.

DRANSKI, J. A. L.; PINTO JUNIOR, A. S.; CAMPAGNOLO, M. A.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansão em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. *Revista Brasileiro de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2013, 17, 537-542.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistic analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*. 2011, 35, 1039-1042.

FERNANDES, D. A.; ARAÚJO, M. M. V.; CAMILI, E. C. Crescimento de plântulas de maracujazeiro-amarelo sob diferentes lâminas de irrigação e uso de hidrogel. *Revista de Agricultura*. 2015, 90, 229-236.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 2008. 421p.

GERVÁSIO, E. S.; FRIZZONE, J. A. Caracterização físico hídrica de um condicionador de solo e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico. Irriga. 2004, 9, 94-105.

GROSSNICKLE, S. C. The importance of root growth in overcoming planting stress. New Forests. 2005, 30, 273-294.

GUILHERME, M. R., AOUADA, F. A., FAJANDO, A. R., MARTINS, A. F., PAULINO, A. T., DAVI, M. F. T., RUBIRA, A. F., MUNIZ, E. C. Superabsorbent hydrogels: A review of recent advances in their use in agriculture. Polymers. 2023, 15, 843-862.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas. 2025,19, 21-29.

KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY S.G. Growth control in woody plants. American Press: San Diego. 1997; 254p.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. Editora da Universidade de São Paulo. 2005; 335p.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A. SAAD, J C. C.; SILVA, M. R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de Eucalyptus grandis em diferentes substratos. Scientia Forestalis. 2012, 68, 97-106.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. Pesquisa Aplicada &Agrotecnologia. 2010, 3, 53-57.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; REININGER, L. R. F.; MUNIZ, M. F. B; PEREIRA, M. O. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de Eucalyptus dunnii. Floresta. 2014, 45, 315 - 328.

MODOLO, V.A.; TESSARIOLI NETO, J.; ORTIGOZZA, L.E.R. Produção de frutos de quiabeiro a partir de mudas produzidas em diferentes tipos de bandejas e substratos. *Horticultura Brasileira*, 2001, 19, 39-42.

OLIVEIRA, S. P.; MELO, E. N.; MELO, D. R. M.; COSTA, F. X.; MESQUITA, E. F. Formação de mudas de quiabeiro com diferentes substratos orgânicos e biofertilizante. *Revista Terceiro Incluído*. 2014, 4, 219-235.

PUIATTI, M.; FINGER, F.L. Clima e as hortaliças. In FONTES, P.C.R; NICK, C. (eds) *Olericultura: teoria e prática*. Viçosa, MG. Editora UFV. 2019. Cap. 2.

SAAD, J. C. C.; LOPES, J. L. W.; SANTOS, T. A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pósplantio de *Eucalyptus grandis* em dois solos diferentes. *Engenharia Agrícola*. 2009, 29, 404-411, 2009.

SOUZA, M. A.; OLIVEIRA, T. M.; FERNANDES, J. C. Hydrogel application in agriculture: Advances and challenges in soil moisture retention and plant growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2022, 22, 298-310.

WANG, L.; ZHANG, Y.; LIU, X.; ZHANG, W. Effects of water-retaining agent and irrigation frequency on plant growth and water use efficiency. *Agricultural Water Management*. 2021, 247, 106752.

WOFFORD JR., D.J. Use of cross-linked polyacrylamide in agriculture for increasing yield or reducing irrigation (online). Fresno (California), 1989.

ZACCHEO, P.V.C.; AGUIAR, R.S.; STENZEL, N.M.C.; NEVES, C.S.V.J. Tamanho de recipientes e tempo de formação de mudas no desenvolvimento e produção de maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2013, 35, 603-607.