

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
UNIDADE FRUTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS**

**MANEJO DE HIDROGEL E RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO  
NO CULTIVO DE SOJA E TOMATE**

**Gabriel Longuinhos Queiroz  
Engenheiro Agrônomo**

**FRUTAL-MG**

**2023**

**GABRIEL LONGUINHOS QUEIROZ**

**MANEJO DE HIDROGEL E RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO  
NO CULTIVO DE SOJA E TOMATE**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Ciências Ambientais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador  
Dr. Jhansley Ferreira da Mata

Co-orientadora  
Dra. Vanesca Korasaki

**FRUTAL–MG**

**2023**

### Ficha Catalográfica da Obra

Q3m Queiroz, Gabriel Longuinhos  
Manejo de hidrogel e retenção de água no solo no cultivo de soja e tomate / Gabriel Longuinhos Queiroz. – Frutal. – 2023.  
71 f. : il., tab.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade Frutal, 2023.  
Orientador: Jhansley Ferreira da Mata.  
Co-Orientadora: Vanesca Korasaki.

1. Cobertura vegetal. 2. Rhizobium. 3. Câmara de Richards. I. Mata, Jhansley Ferreira da. II. Korasaki, Vanesca. III. Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade Frutal. IV. Título.

CDU 635

Catálogo na fonte

Bibliotecária: Gesiane Patrícia de Souza CRB-6/1894

Ata

GABRIEL LONGUINHOS DE QUEIROZ

## MANEJO DE HIDROGEL E RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO NO CULTIVO DE SOJA E TOMATE

Dissertação apresentada a Universidade do Estado de Minas Gerais, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, na área de concentração Ciências Ambientais, Linha de Pesquisa Tecnologia, Ambiente e Sociedade, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 23 de junho de 2023.

Profa. Dra. Susana Cristine Siebeneichler - UFT Gurupi

Profª. Drª. Viviane Modesto Arruda - UEMG Ubá

PROF. DR. JHANSLEY FERREIRA DA MATA

ORIENTADOR



Documento assinado eletronicamente por **Jhansley Ferreira da Mata, Servidor**, em 27/06/2023, às 11:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Viviane Modesto Arruda, Professora de Educação Superior**, em 27/06/2023, às 18:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Susana Cristine Siebeneichler, Usuário Externo**, em 03/07/2023, às 10:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.mg.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **67892130** e o código CRC **6E035250**.

## AGRADECIMENTOS

Sempre em primeiro lugar a Deus, pois nada seria sem Ele.

Ao Programa de Bolsas de Pós-Graduação ProBPG/UEMG pela concessão da bolsa de estudos que foi um divisor de águas para a concretização desse sonho.

A empresa Regional Agro por disponibilizar parte dos insumos agrícolas utilizados na pesquisa.

A minha família por sempre apoiar minhas decisões e acreditar que com foco, força e perseverança se chega ao longe.

Ao João Henrique O. Costa por estar presente nessa jornada desde o início, acreditando e me incentivando a nunca desistir mesmo diante das dificuldades no caminho.

A minha terapeuta por seu belo trabalho de conseguir me manter centrado em minhas obrigações, não deixando com que minhas fraquezas abalassem meu emocional.

Meu professor orientador, professor Dr. Jhansley Ferreira da Mata que me mostrou o verdadeiro sentido de educar, que acima do ensinar existe o lado humanizado de ser professor, que carregarei para vida como um grande exemplo. À sua família, Elisangela e filhos que se tornaram mais que amigos, uma nova família e que cada momento junto vivido, guardarei com todo o carinho!

A minha co-orientadora, professora Dra. Vanesca Korasaki que esteve sempre pronta e disposta a ajudar. Lembrarei dos dias de laboratório, de campo correndo das vespas (risos) e todos os outros que tive a oportunidade de estar ao seu lado, com imensa saudade e gratidão.

Aos membros da banca de qualificação e defesa por disponibilizarem do seu tempo para enriquecer mais o trabalho desenvolvido durante esses anos. A professora Dra. Susana Siebeneichler e a professora Dra. Viviane Modesto Arruda. Não menos importante ao professor Dr. Wisley Moreira Farias que através de meu orientador, dispôs parte do seu tempo para me ensinar a trabalhar com o até então desconhecido Extrator de Richards. Fica aqui o meu muito obrigado a todos vocês!

Aos colaboradores do programa PPGCIAMB e da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal por sempre estarem prontos a atender as várias demandas com toda a presteza. Aos alunos do curso de agronomia em especial aos da iniciação científica que sempre estiveram dispostos a ajudar, contribuindo com o trabalho de pesquisa que estava desenvolvendo.

A Marcella Nunes da Mata que ao final da pesquisa esteve sempre pronta e disposta a aprender e colaborar.

Meus grandes amigos que levarei para vida, Gabriel Gomes Mendes e Katianne Assunção Silva e Silva. Só tenho a agradecer por nossa amizade, ela foi o alicerce que precisava para chegar até aqui, que nosso “clubinho” esteja sempre pronto para um bom papo de “quinta” e que o tempo seja a prova que essa amizade cada dia mais se tornará sólida.

Ao Heytor Lemos Martins por ser o amigo que é, estar sempre disposto a ajudar e ter sido um grande incentivador para chegar até aqui.

Aos professores Luiz Roberto Pereira Nemoto e Sandra Possebon Gatti pela confiança e por segurarem a barra nos momentos decisivos da conclusão da dissertação.

A minha vizinha que hoje está lá de cima torcendo por essa conclusão, meu sucesso e minha alegria. Te amo eternamente!

## RESUMO

A agricultura brasileira depende fortemente das culturas do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) e da soja (*Glycine max* (L) Merrill). No entanto, a escassez de água está incentivando a busca por tecnologias para economia hídrica na produção de alimentos. Uma dessas tecnologias é o uso de polímeros de hidrogel para melhorar a retenção de água no solo. Este estudo investigou o impacto do hidrogel nas culturas da soja e do tomate, bem como seu comportamento no solo. Assim o objetivo desse trabalho foi verificar a influência do hidrogel na retenção de água no solo, nas características agrônômicas da cultura da soja com aplicação de fontes nitrogenadas e na cultura do tomate na presença e ausência de cobertura vegetal. O primeiro estudo teve como objetivo analisar os atributos físico-hídricos do solo em doses de hidrogel pela câmara de Richards. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo, esquema fatorial 5x6, onde se utilizou cinco doses de hidrogel (0; 0,5; 1; 2; 4 g), sendo zero o controle e seis curvas de retenção (10, 33, 100, 300, 500 e 1500 kPa), com cinco repetições. O segundo estudo teve como objetivo verificar o crescimento e desenvolvimento do tomateiro em solo com doses de polímero de hidrogel, com e sem palha. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x2, com quatro repetições, sendo os tratamentos feitos a partir da combinação: cinco doses do hidrogel (0; 0,5; 1; 2; 4 g), sendo zero o controle, e dois tipos de cobertura do solo (com e sem palha). O terceiro estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja em fontes de nitrogênio, com e sem hidrogel. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, com cinco repetições, sendo quatro tratamentos: T1 (adubação química de NPK), T2 (tratamento químico de semente, inoculante e adubação de PK), T3 (inoculante e adubação de PK) e T4 (tratamento químico de semente, inoculante, micronutrientes e adubação de PK), e dois tipos de aplicações no solo: com e sem hidrogel. Dos resultados obtidos, podemos considerar que o hidrogel retém maior quantidade de água nas amostras até sua capacidade de campo, pois está agindo com maior incidência. Contudo, quando chega em seu ponto de murcha permanente, ele leva maior tempo para perdê-la. Podemos observar que a utilização da palha em cobertura com a aplicação de 0,5 g de hidrogel, influenciou positivamente no crescimento e desenvolvimento da cultura do tomate, a aplicação do hidrogel nos tratamentos 2 e 4, aumentou a massa fresca de raiz e massa fresca total respectivamente para a cultura da soja, assim como a massa fresca do rhizobium, no tratamento 4. Por fim, o hidrogel mostrou eficiência em situações de estresse hídrico da cultura e para o tratamento de sementes.

**Palavras-chave:** Cobertura Vegetal. Rhizobium. Câmara de Richards.

## EVALUATION OF THE WATER RETENTION AND MANAGEMENT IN THE SOIL ON SOYBEAN AND TOMATO GROWING IN DIFFERENT HYDROGEL DOSES

### ABSTRACT

Brazilian agriculture depends heavily on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and soybean (*Glycine max* (L) Merrill) crops. However, water scarcity is encouraging the search for water-saving technologies in food production. One such technology is the use of hydrogel polymers to improve soil water retention. This study investigated the impact of the hydrogel on soybean and tomato crops, as well as its behavior in the soil. Thus, the objective of this work was to verify the influence of the hydrogel on the water retention in the soil, on the agronomic characteristics of the soybean crop with the application of nitrogen sources and on the tomato crop in the presence and absence of vegetation cover. The first study aimed to analyze the physico-hydric soil attributes in hydrogel doses by Richards chamber. The experimental design used was completely randomized, being a 5x6 factorial scheme, where five doses of hydrogel (0; 0.5; 1; 2; 4 g) were used, zero being the control and six retention curves (10, 33, 100, 300, 500 and 1500 kPa), with five repetitions. The second study aimed to verify the growth and development of tomato plants in soil with doses of hydrogel polymer, with and without straw. The experimental design used was completely randomized, in a 5x2 factorial scheme, with four replications, with the treatments being based on the combination: five hydrogel doses (0; 0.5; 1; 2; 4 g), zero being the control, and two types of soil cover (with and without straw). The third study aimed to evaluate the growth and development of the soybean crop in nitrogen sources, with and without hydrogel. The experimental design used was completely randomized, in a 4x2 factorial scheme, with five replications, with four treatments: T1 (chemical NPK fertilization), T2 (chemical seed treatment, inoculant and PK fertilization), T3 (inoculum and PK fertilization). ) and T4 (chemical seed treatment, inoculant, micronutrients and PK fertilization), and two types of soil applications: with and without hydrogel. From the results obtained, we can consider that the hydrogel retains a greater amount of water in the samples up to its field capacity, as it is acting with greater incidence. However, when it reaches its permanent wilting point, it takes longer to lose it. We can observe that the use of straw in coverage with the application of 0.5 g of hydrogel, positively influenced the growth and development of the tomato crop, the application of hydrogel in treatments 2 and 4, increased the fresh mass of root and fresh mass total respectively for the soybean crop, as well as the rhizobium fresh mass, in treatment 4. Finally, the hydrogel showed efficiency in situations of water stress in the crop and for seed treatment.

**Keywords:** Vegetation cover. Rhizobium. Richards Chamber.

## SUMÁRIO

	Página
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>13</b>
1.1 Objetivo geral .....	15
1.1.1 Objetivos específicos .....	15
<b>CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>16</b>
1.1 Cultura do tomate .....	16
1.2 Cobertura do solo.....	19
1.3 Tratamento de sementes na cultura da soja .....	21
1.3.1 Inoculação de sementes e bactérias nitrificantes .....	21
1.3.2 Inseticida e fungicida.....	22
1.4 Polímero de hidrogel .....	24
1.5 Retenção de Água no Solo (capacidade de campo e ponto de murcha permanente) .....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26
<b>CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS-HÍDRICOS DE LATOSSOLO EM FUNÇÃO DO TEMPO E DOSES DE HIDROGEL</b> .....	<b>32</b>
1 INTRODUÇÃO.....	34
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
2.1 Caracterização do experimento .....	35
2.2 Metodologia em laboratório .....	35
2.3 Análise estatística .....	40
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
<b>CAPÍTULO 4 – AVALIAÇÃO DO TOMATE SOB DOSES DE HIDROGEL EM SOLO COM E SEM PALHA</b> .....	<b>45</b>
1 INTRODUÇÃO.....	47
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
2.1 Caracterização do experimento .....	48
2.2 Cultivo da cultura do tomate .....	48
2.3 Análise estatística .....	50
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4 CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
<b>CAPÍTULO 5 – AVALIAÇÃO DA CULTURA DA SOJA EM TRATAMENTOS DE SEMENTE QUÍMICOS E BIOLÓGICO, COM E SEM HIDROGEL</b> .....	<b>57</b>

1 INTRODUÇÃO.....	59
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	60
2.1 Caracterização do experimento .....	60
2.2 Cultivo da cultura da soja .....	61
2.3 Análise estatística .....	63
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
4 CONCLUSÃO.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
<b>CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>70</b>

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 3.

<b>Figura 1</b> – Metodologia de preparo das soluções de diferentes doses de hidrogel.....	36
<b>Figura 2</b> – Pesagem do solo em balança semianalítica (A); Anéis polipropileno sobrepostos em placa de cerâmica (B).....	36
<b>Figura 3</b> – Nanômetro com potencial matricial desejado (A); Água sendo drenada (B); Efluxo cessado (C).....	37
<b>Figura 4</b> – Pesagem da massa das amostras após saírem da câmara de Richards (A); Anéis de polipropileno em estufa de secagem (B).....	37
<b>Figura 5</b> – Estufa de circulação de ar forçado, estabelecendo seus 105°C para secagem das amostras.....	39
<b>Figura 6</b> – Água em mesa aquecedora sendo desairada (A); Solo seco sendo adicionado a cada balão volumétrico (B); Adição de álcool etílico no balão volumétrico (C).....	40
<b>Figura 7</b> – Conteúdo gravimétrico de água (%) em função de doses de hidrogel (g.L <sup>-1</sup> ).....	42
<b>Figura 8</b> – Ponto de murcha permanente (PMP - %) em função das doses de hidrogel (g.L <sup>-1</sup> ).....	42
<b>Figura 9</b> – Tempo de extração da água (horas) em função de doses de hidrogel (g.L <sup>-1</sup> ).....	43

### CAPÍTULO 4.

<b>Figura 1</b> – Aplicação de hidrogel (A); cobertura em lona translúcida (B); medição de volume de raiz (C) e estufa de circulação forçada a 60°C (D).....	50
--	----

### CAPÍTULO 5.

<b>Figura 1</b> – Precipitação média, evapotranspiração, radiação solar, temperatura mínima e máxima, umidade relativa do ar mínima e máxima entre os dias 22/12/2021 e 19/02/2022. Usina Cerradão. Frutal – MG.....	61
--	----

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 3.

<b>Tabela 1</b> – Dados dos atributos físicos do solo considerando as dosagens de hidrogel.....	41
---	----

### CAPÍTULO 4.

<b>Tabela 1</b> – Classe textural, classificação e percentual granulométrico do solo utilizado para o experimento.....	51
<b>Tabela 2</b> – Análise do comprimento da raiz (CR), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e volume da raiz (VR) da cultura do tomate cultivado em solo em diferentes doses de hidrogel com palha (CP) e sem palha (SP).....	52
<b>Tabela 3</b> – Análise da massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca total (MFT) da cultura do tomate cultivado em solo em diferentes doses de hidrogel com palha (CP) e sem palha (SP).....	53
<b>Tabela 4</b> – Análise da massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) da cultura do tomate cultivado em solo em diferentes doses de hidrogel com palha (CP) e sem palha (SP).....	53
<b>Tabela 5</b> – Análise do número de folhas (NF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) da cultura do tomate cultivado em solo em diferentes doses de hidrogel com palha (CP) e sem palha (SP).....	54

### CAPÍTULO 5.

<b>Tabela 1</b> – Análise do comprimento da raiz (CR), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e volume da raiz (VR) da cultura da soja cultivado em diferentes tratamentos com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH).....	63
<b>Tabela 2</b> – Análise da massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca total (MFT) da cultura da soja cultivado em diferentes tratamentos com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH).....	64
<b>Tabela 3</b> – Análise da massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) da cultura da soja cultivado em diferentes tratamentos com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH).....	65

<b>Tabela 4</b> – Análise do número de folhas (NF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) da cultura da soja cultivado em diferentes tratamentos com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH).....	66
<b>Tabela 5</b> – Análise do número de rhizobium (NR), massa do rhizobium (MR) e massa seca do rhizobium (MSR) na cultura da soja cultivado em diferentes tratamentos com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH).....	66

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, a cultura do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das principais hortaliças cultivada, onde de acordo com o IBGE, em 2019 o país possui área de produção de 54,53 mil ha e rendimento de 71,84 t ha<sup>-1</sup>, com produção total de 3,9 milhões de toneladas. Em Minas Gerais a produção de tomate foi de 572.273 toneladas em uma área de 7.556 ha com um rendimento de 75,74 t.ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2019). Os frutos são de grande importância na alimentação do brasileiro, onde produz frutos com compostos de açúcares (glicose e frutose), ácidos orgânicos, ácido fólico, carotenoides como a provitamina A ( $\beta$ -caroteno), minerais, licopeno, vitamina C e traços de potássio, fósforo, ferro, além de outros compostos (PEIXOTO et al., 2017). Um produto bastante utilizado para indústria e consumo *in natura*, portanto, o seu cultivo é uma ótima fonte de renda para os produtores rurais (DEMUNER et al., 2017).

A produção de grãos no Brasil é de suma importância para a economia, destacando-se a soja, presente na mesa dos brasileiros. Impulsionado pela agropecuária, houve um aumento na produção de soja em 2023, e estimativas indicam um crescimento contínuo até 2026. Com base na estimativa para a safra 2022/23 a produção brasileira de grãos foi de 309,9 milhões de toneladas. Esse número representa um crescimento de 20,6% em relação à temporada anterior, o que equivale a aproximadamente 63,84 milhões de toneladas adicionais a serem colhidas (CONAB, 2023).

Fato não menos importante é a demanda por alimentos decorrente da explosão demográfica. Segundo Costa (2018), atender a tais demandas crescentes de alimentos e grãos, resultam na necessidade de tecnologias agrícolas.

Uma das tecnologias é a busca pela eficiência na disponibilidade de água no solo, durante todo ciclo da cultura sem causar estresse hídrico, logo, este processo é determinado pela retenção de água no solo, onde é expressa a energia de ligação da água ao solo em consequência da força gravitacional, das forças capilares e das propriedades de superfície das partículas minerais e orgânicas que apresentam capacidade de adsorção de água (TEIXEIRA et al., 2017).

Na produção vegetal um dos alicerces para aumentar a produtividade perpassa pelo uso eficiente da água como forma de aumentar a produtividade. A inserção de tecnologias para melhorar o uso dos recursos hídricos surgem com o uso dos hidrogéis agrícolas, que proporcionam benefícios às plantas pela sua capacidade de retenção de

água e nutrientes, conseqüentemente, promovem melhorias nas características físicas do solo e está ganhando espaço na agricultura brasileira (KLEIN; KLEIN, 2015).

O hidrogel é um produto tecnológico com o objetivo de manter por maior tempo, a planta sem estresse hídrico e aumentar a viabilidade das sementes, garantindo que a cultura possa ter maior tolerância em condições de baixa precipitação pluvial. O uso do hidrogel é uma alternativa para melhorar a deficiência hídrica associada com técnicas de manejo do solo, como o uso de cobertura vegetal na superfície do solo em canteiros sob cultivo de hortaliças, pois um dos grandes desafios da agricultura moderna é diminuir o consumo de água no campo sem perder a produtividade da cultura. Composto de Copolímero de Acrilamida e Acrilato de Potássio, quando desidratado, o hidrogel possui características físicas de um pó branco que após hidratado com água, se forma um gel com aspecto transparente e gelatinoso de 100 a 400 vezes o seu tamanho (MAIA et al., 2017).

Definir um sistema de produção de espécies vegetais que propicie o uso eficiente da água e de técnicas agronômicas, como o uso de cobertura do solo em consonância com uso do polímero hidrogel é essencial à obtenção de cultivos produtivos e economicamente viáveis nas culturas do tomate e da soja. Capaz de absorver centenas de vezes o seu peso em água proveniente tanto da chuva quanto da irrigação e liberá-lo aos poucos no solo para a planta, o hidrogel é capaz assim de reduzir a frequência de irrigação (MENDONÇA et al., 2015).

Destacando-se nacionalmente as culturas do tomate e da soja, onde encontram-se na mesa do brasileiro diariamente, contudo, devido ao crescimento populacional previsto para as próximas décadas e ao aumento da demanda alimentar, surgem incertezas para o futuro, pois para o cultivo de vegetais utiliza-se grandes volumes de água e a escassez hídrica, faz repensar em novas tecnologias aplicadas voltada para a economia de água e se os recursos existentes serão capazes de atender toda a demanda, visto que a produção mundial de alimentos precisará ser maximizada em pelo menos 60% para se assegurar a segurança alimentar de toda a população de aproximadamente 9 bilhões de pessoas (ZANARDI; YADA, 2019).

O uso de hidrogel na agricultura irrigada tem se mostrado promissor, algo que vem sendo observado na literatura, entretanto mais estudos devem ser realizados, pois há ausência de metodologias concretas para a utilização desta substância, em termos de dosagens e sobre o quanto se pode reduzir na quantidade de água aplicada, buscando a sustentabilidade ambiental (SANTOS et al., 2022)

A sustentabilidade sobreposta a agricultura se torna cada vez mais importante no uso racional da água. Sabendo que na produção de hortaliças demanda um uso elevado desse bem comum, estudos para a sua economia se fazem importantes. Por isso a tecnologia hidrogel entra como uma possível ferramenta de uso no plantio, para que no cultivo do tomate e da soja se possa reduzir o volume de água em seu ciclo, sem afetar a germinação, desenvolvimento, crescimento e a produtividade.

## **1.1 Objetivo geral**

Verificar a influência do hidrogel na retenção de água no solo, nas características agronômicas da cultura da soja em combinação com fontes nitrogenadas e na cultura do tomate na presença e ausência de cobertura vegetal.

### **1.1.1 Objetivos específicos**

- Verificar o crescimento e desenvolvimento do tomateiro em vasos plásticos com solo e as doses de hidrogel, com e sem palha;
- Avaliar o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja em função das fontes de nitrogênio, com e sem hidrogel;
- Analisar a viabilidade da inoculação das sementes da soja com e sem a aplicação do hidrogel;
- Estudar a retenção de água em solo em função das doses de hidrogel.

## CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1 Cultura do tomate

O tomate é uma das hortaliças mais consumidas no Brasil e os Estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais, tem a cultura do tomate uns dos principais produtos hortícolas produzidos. Nestes estados se concentram mais da metade da área da produção nacional e é onde se encontram as principais indústrias processadoras dele. As boas condições de clima e solo nestes estados, são os principais fatores da concentração de cultivo (CONAB, 2019).

A cultura do tomate é intolerante a geadas, causando perdas irrecuperáveis a lavoura. O clima ideal deve ser fresco para conseguir números expressivos de produção, contudo há cultivares adaptados a diferentes condições climáticas. A temperatura ótima está entre 21 e 24°C. O tipo de solo ideal para o desenvolvimento são solos franco-arenosos que são bem drenados e permitem maior formação de raízes (PEIXOTO et al., 2017). Por ser uma cultura exigente, o seu cultivo protegido é importante para o aumento do rendimento da produção.

Segundo Peixoto et al. (2017), o tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma planta arbustiva, perene e de ciclo anual, suas raízes podem chegar à 60 cm de profundidade diferenciando-se de duas formas, parte superior próximo ao colo, raízes finas e curtas de origem adventícia e raízes longas, grossas que ramificam nas camadas mais profundas do solo. Seu porte é herbáceo e o crescimento pode ser determinado: o qual sua haste termina com uma gema reprodutiva; indeterminado: terminando com gema vegetativa.

As folhas são em número de cinco compostas por número ímpar de folíolos e bordas serradas. A floração é na forma de cachos simples ou ramificados, onde cada inflorescência possui de três a 10 flores. Seus frutos são do tipo baga e apresentam ampla diversidade de tamanho, forma, cor, textura e sabor (PEIXOTO et al., 2017).

O sucesso para o cultivo de hortaliças depende, em grande parte, da utilização de mudas de qualidade, o que o torna mais competitivo, com o aumento de produtividade e diminuição dos riscos de produção (MACHADO et al., 2018). De acordo com a Silva et al. (2006), a cultivar BRS Zamir (cereja alongado) possui um gene que estimula o aumento de bifurcação dos cachos, aumentando o número de frutos e conseqüentemente maior produtividade, possui resistência à murcha-de-fusário (*Fusarium oxysporum* f. sp.

*lycopersici*), murcha-de-verticílio (*Verticillium dahliae*, *V. albo-atrum*), mancha-de-estenfilio (*Stemphylium* spp.) e pode ser cultivado em ambiente protegido e em campo.

No entanto, um dos fatores que afeta a queda da produção é o déficit hídrico, pois a cultura do tomate é exigente no consumo de água, apresentando sensibilidade à sua falta por longo período de estiagem. Quando em quantidade insuficiente e intervalos não regulares, a falta de água pode favorecer a ocorrência de pragas. O manejo eficiente da irrigação é necessário para favorecer o crescimento da cultura e evitar perdas na produtividade (MENDONÇA; BERÇA; SOUZA, 2019).

Outro fator, em sistema convencional e orgânico protegidos, são os problemas fitossanitários (*Bemisia spp*, *Phytophthora infestans*, *Oidium neolycopersici*, *Aculops lycopersici*, *Thrips palmi*, *Lyriomyza huidobrensis*, *Bemisia tabaci* raça *B*, *Tuta Absoluta*; *Aculops lycopersici*, *Frankliniella schultzei*, *Neoleucinodes elegantalis* e *Alternaria solani*) no tomateiro, sendo atacado intensamente por pragas e doenças durante seu ciclo, desde a sementeira até a frutificação (SPAGNUOLO et al., 2021).

Ainda segundo o autor, no cultivo de plantas olerícolas cria um microclima favorável, onde propicia ambiente ideal para o desenvolvimento de pragas e doenças, mesmo em cultivos protegidos, dependendo da intensidade de infestação, danos consideráveis podem acontecer. Com isso, a importância do controle fitossanitário, que revelam custos elevados no manejo do tomate seja ele orgânico ou convencional em estufa. Conforme Reganold e Wachter (2016), verificando o custo de produção entre orgânico e convencional, o controle fitossanitário foi maior no sistema convencional, sendo os dois representativos no cultivo do tomate.

Uma cultivar muito usada na região de Frutal-MG por se adaptar ao tipo de clima da região, tem-se a Santa Adélia que se caracteriza por um arbusto de crescimento determinado, vigorosa com ciclo médio de 90 dias, com produção de tomates firmes propícios para molhos ou saladas. Indicada para clima quente, dessa forma possui excelente pegamento de frutos em altas temperaturas, com elevado potencial produtivo (AGRISTAR, 2022).

## **2.2 Cultura da soja**

A soja tem papel importante tanto para economia nacional quanto internacional, sendo uma das principais commodities produzidas no mundo e amplamente difundida por suas diversas formas de utilização (FAVORETO et al., 2019). O Brasil é o maior

produtor de soja no mundo e está presente em todas as regiões, tendo como destaque as regiões Sul e Centro-Oeste que concentram 78,2% da área nacional e tem ampliado sua fronteira no Norte e Nordeste do país (HIRAKURI et al., 2018).

Considerando na atualidade, evidencia-se a nova fronteira agrícola pelo seu desenvolvimento e crescimento produtivo, nas regiões Norte e Nordeste, sobretudo na região MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) e no estado do Pará sendo preciso tecnologias mais adaptadas à realidade local em razão das características edafoclimáticas (SILVA et al. 2021).

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é pertencente à família Fabaceae (Leguminosas), as temperaturas do ar, nas quais apresenta bom desenvolvimento e melhor crescimento, estão compreendidas entre 20°C e 30°C, temperaturas essas, são consideradas ótimas. Para uma rápida germinação e emergência uniforme, a temperatura média ótima do solo, deve estar ao redor de 25°C aos 5 cm de profundidade. Temperaturas menores do que 20°C podem prejudicar a germinação e a emergência das plântulas (FRANÇA-NETO et al., 2016).

Para uma produtividade elevada, além de sempre buscar processos produtivos sustentáveis, levando em conta sua capacidade genética, alguns dos aspectos que se fazem relevantes é a sua produtividade, eficiência e lucratividade. Seu rendimento é altamente dependente de fatores climáticos, incluindo temperatura e precipitação (SILVA et al., 2020).

Sendo o principal constituinte do tecido vegetal, a água representa aproximadamente 90% do peso total das herbáceas como a soja. Ela atua como regulador térmico, age como solvente no transporte de minerais, participa em todos os processos bioquímicos e fisiológicos, gases e solutos, onde mantém e distribui o calor na planta (SEIXAS et al., 2020).

Entre as condições máximas de produtividade para a soja, o de mais difícil controle e maior ação limitante é o clima. Com isso a imprevisibilidade das variabilidades climáticas, confere o principal fator de risco de insucesso na produção das principais culturas. Estresses abióticos como seca, pouca luminosidade, temperaturas baixas ou muito elevadas, excesso de chuvas etc., podem diminuir significativamente rendimentos em lavouras e restringir as épocas, os locais e os solos onde espécies de importância comercial podem ser cultivadas (SCHWERZ et al., 2016).

Entender as exigências climáticas da cultura e das relações da água no sistema solo-planta-atmosfera contribui para a redução dos riscos de perdas na produção da

lavoura. A exemplo disso, após longo período de déficit hídrico, deve-se proceder a semeadura da cultura somente após a ocorrência de precipitação em quantidade suficiente para recarregar o perfil do solo com umidade adequada para garantir a completa germinação das sementes e estabelecimento da cultura (SEIXAS et al., 2020).

A dinâmica do sistema muda em função da disponibilidade de água no solo, das características físicas, da demanda evaporativa da atmosfera e da capacidade da cultura em absorver água. Tendo em vista, a determinação do conteúdo de água que o solo tem é de vital importância para a agricultura, estando relacionada, especificamente, aos manejos culturais realizados no campo e ao aporte da irrigação suplementar (ARMOA, 2020).

O aumento da eficiência no uso de recursos e de insumos, a melhora qualitativa dos produtos agrícolas e a preservação dos recursos naturais, são desafios da agricultura contemporânea e certas adversidades climáticas, como a falta de água, podem em alguns casos, ser totalmente superados ou amenizadas. Pesquisas que visam identificar e quantificar as respostas da cultura às condições ambientais surgem como parte importante nesse universo, já que contribuem, consideravelmente, para o desenvolvimento de meios que minimizam os efeitos contrários do ambiente na produção agrícola (SEIXAS et al., 2020).

## **1.2 Cobertura do solo**

Naturalmente diversificado, o solo é um habitat com comunidades biológicas altamente complexas, em que se encontram diferentes formas de microrganismos, podendo ser eucariotos ou procariotos, que interagem em um ambiente dinâmico e em estado de equilíbrio com seres vivos (LEAL et al., 2021). Este equilíbrio ocorre nas interações de mutualismo e/ou protocooperação entre os seres vivos encontrados em um mesmo ambiente (CAIN; BOWMAN; HACKER, 2017).

Diversas técnicas são utilizadas na conservação de água no solo, entre elas destacam-se a cobertura do solo, que tem como objetivo diminuir a desagregação de partículas do mesmo pelo impacto da água da chuva e da irrigação, controle de plantas daninhas, redução da ocorrência de pragas, manutenção da temperatura e da umidade, que promove o melhor desenvolvimento das culturas (ARAUJO et al., 2019).

A prática de cobertura do solo é recomendada para várias hortaliças, pois seu uso garante a qualidade e incrementa a produção ao melhorar as condições de cultivo,

por meio do aumento da taxa de infiltração de água no solo, da redução da evapotranspiração, por manter a temperatura do solo estável e reduzir aparecimento de pragas indesejadas na área (GASTL FILHO et al., 2021).

Todos os processos do solo são dependentes da temperatura, como: liberação de nutrientes, respiração microbiana, movimento e disponibilidade de água, crescimento de raízes; aspectos estes que dão relevância ao uso de cobertura, pois tem ação sobre a temperatura e a umidade do solo (CASAS; CARDOSO; TEIXEIRA, 2020).

A temperatura do solo é um dos fatores que afetam o crescimento das plantas influenciando na camada superficial, onde se desenvolvem inicialmente as raízes, em especial das hortaliças que são muito suscetíveis a esse fator (CASAS; CARDOSO; TEIXEIRA, 2020).

A cobertura morta é um método para a redução do escoamento superficial da água, promovendo o aumento da umidade do solo. As coberturas podem ser de várias formas: *mulching*, casca de arroz, palha e até mesmo serragem de madeira (MENDONÇA et al., 2019).

A prática do uso de cobertura do solo é recomendada, pois apresenta múltiplas funções, como as supracitadas e no caso da cobertura vegetal, permite melhorar o desempenho das culturas (HACHMANN et al., 2017). Possibilitando a produção em diferentes estações do ano, a cobertura com resíduos de origem vegetal diminui a temperatura máxima do solo e incrementa a mínima, evitando perdas na produção por alterações consideráveis na temperatura do mesmo (CASAS; CARDOSO; TEIXEIRA, 2020).

Assim, as coberturas do solo, têm importante papel na redução da evaporação de água do solo e na diminuição das oscilações da sua temperatura (KOSTERNA et al., 2014). Além disso, a cobertura tem importante papel em evitar a degradação e a compactação do solo, pela ação das gotas d'água de irrigação e da chuva. Tendo efeito direto sobre o consumo hídrico da cultura, essa proteção do solo contra a evaporação, tende aumentar o retorno econômico ao produtor. (HACHMANN, 2017).

O solo sofre interferências de acordo com a cobertura, as populações de microrganismos passam a coexistir em um equilíbrio ecológico que pode ser significativamente influenciado pelo revolvimento da espécie cultivada, por aplicação de insumos e fatores climáticos predominantes, principalmente a temperatura e a umidade. Processos importantes que ocorrem por microrganismos do solo, são capazes de interferir no desenvolvimento de outros organismos como a decomposição de

matéria orgânica, a nitrificação, fixação do N<sub>2</sub> atmosférico, a agregação do mesmo e a produção de compostos (LEAL et al., 2021).

Estudos assim, disponibilizam bases para o desenvolvimento de métodos de cultivo mais adequado, para os vários tipos de clima e solo até mesmo ecologicamente e economicamente. Sendo assim, além do clima de uma região, o conhecimento de como a umidade e a temperatura variam em diferentes perfis do solo, contribui para a busca do conhecimento do tema investigado (OLIVEIRA et al., 2019).

### **1.3 Tratamento de sementes na cultura da soja**

#### **1.3.1 Inoculação de sementes e bactérias nitrificantes**

A cultura da soja requer em maior quantidade o nitrogênio (N) por ser o nutriente mais necessário, sendo 80 kg de N para cada 1000 kg de grãos. As fontes de N disponíveis para as plantas são o N proveniente da mineralização da matéria orgânica do solo, dos fertilizantes nitrogenados e da fixação biológica de nitrogênio (FBN). Estas são as duas principais fontes de N para a cultura da soja. Bactérias do gênero *Bradyrhizobium* infectam as raízes da planta via pelos radiculares, formando nódulos, podendo fornecer todo o N que a soja necessita (HUNGRIA; MENDES, 2015; HUNGRIA; NOGUEIRA, 2019).

A prática de inoculação da bactéria *Bradyrhizobium* spp. por indução e/ou natural nas sementes das espécies da família Fabaceae, supre uma grande quantidade na fixação de nitrogênio na planta. Sendo o N<sub>2</sub> indispensável para o bom desenvolvimento das mesmas, mas por consequência de perdas em lixiviação, escoamento superficial, desnitrificação e volatilização, a disponibilização de fertilizantes nitrogenados demonstra baixa capacidade de interação entre planta e adubo no cultivo da soja como em praticamente a maioria das cultivares. Logo, a busca por um fornecimento eficaz é obrigatória através da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (SOUZA et al., 2017).

É importante ressaltar que a cultivar utilizada, a época de semeadura, as condições edafoclimáticas da região de cultivo e o manejo adotado, bem como a interação entre eles, são fatores que podem afetar a qualidade final da semente produzida (BAZZO; MONTEIRO; MARINHO, 2020). Com isso, o *Bradyrhizobium* spp. como técnica de inoculação à base de microrganismos, promove diversos

benefícios para o cultivo da soja, desde a economia com fertilizantes minerais até o avanço de melhorias morfológicas nas raízes, proporcionando melhor absorção de água e nutrientes, possibilitando o melhor desenvolvimento da planta durante seu ciclo e a formação de grãos de qualidade (NOMURA et al., 2019).

Além disso, como afeta a composição química e a formação do embrião e dos tecidos de reservas, a sua disponibilidade de nutrientes para as plantas também interfere na qualidade das sementes produzidas, o que diretamente vem a induzir o potencial fisiológico. Destacando-se na produção de sementes de qualidade, o nitrogênio (N) está entre os diversos nutrientes estruturais de biomoléculas e participa de reações metabólicas fundamentais para o crescimento e desenvolvimento vegetal (BAZZO; MONTEIRO; MARINHO, 2020).

Bactérias do gênero *Bradyrhizobium* como inoculação da soja, são responsáveis pela formação de nódulos nas raízes. É considerada uma prática sustentável por dispensar a adubação convencional nitrogenada, onde promovem a Fixação Biológica de Nitrogênio – FBN, por meio de interações simbióticas, proporcionando maior economia ao produtor rural (BAZZO; MONTEIRO; MARINHO, 2020).

Tem sido muito comum a comercialização de sementes de soja pré-inoculadas (inoculação antecipada) com *Bradyrhizobium* spp., juntamente com outros produtos empregados no tratamento das sementes e o inoculante para essa finalidade, possui protetores celulares que proporciona maior sobrevivência da bactéria comparada aos tradicionais (SEIXAS et al., 2020).

### **1.3.2 Inseticida e fungicida**

Os inseticidas e fungicidas aplicados no tratamento de sementes visam proporcionar melhorias no desempenho da soja, sendo uma tecnologia de grande importância e indispensável para o agronegócio. Fundamental para uma lavoura bem-sucedida, a qualidade da semente é determinada por características fisiológicas, genéticas, físicas e sanitárias. Protegendo contra microrganismos patogênicos, doenças transmissíveis e pragas. A utilização de sementes tratadas, não melhora a sua qualidade, mas contribui na sanidade e na estrutura das que podem vir a ser afetadas. Podendo contribuir para a longevidade do armazenamento, o tratamento de sementes ao longo do tempo, no entanto, intensifica os efeitos fitotóxicos dos produtos, podendo acarretar a

redução da velocidade de emergência, diminuir o desenvolvimento das raízes e reduzir o vigor (DALGALO; BORSOI; SLOVINSKI, 2019).

Segundo Costa et al. (2018) inseticidas e fungicidas auxiliam tanto no crescimento inicial, quanto no desenvolvimento das plantas. Porém, podem conferir certos tipos de mudanças fisiológicas, como a diminuição do poder germinativo e do vigor, além do efeito protetor esperado, com possíveis reflexos sobre a produtividade da cultura.

Estabelecer a população das estirpes selecionadas e utilizadas nos inoculantes, garantem melhores resultados com a inoculação. O tratamento de sementes com agrotóxicos deve ser evitado pelo agricultor, desde que: as sementes possuam alta qualidade fisiológica e sanitária, estejam livres de fitopatógenos importantes (pragas quarentenárias ou pragas não quarentenárias regulamentadas), definidos e controlados pelo Certificado Fitossanitário de Origem Consolidado (CFOC) ou Certificado Fitossanitário de Origem (CFO), conforme legislação (Instrução Normativa nº 6 de 13 de março de 2000, publicada no D.O.U. no dia 05 de abril de 2000); o solo apresente boa disponibilidade hídrica e temperatura adequada para germinação rápida e emergência (SEIXAS et al., 2020).

Em estudo realizado por Cardoso et al. (2019), o tratamento da semente de soja com agrotóxicos, principalmente com inseticida ou sua mistura com fungicida, pode diminuir o desenvolvimento dos nódulos da bactéria *Bradyrhizobium japonicum*. O tempo de armazenamento da semente em pré-plantio pode diminuir o desenvolvimento dos nódulos da bactéria *Bradyrhizobium japonicum*, além de que a falha na nodulação, pode influenciar o crescimento vegetativo das plantas de soja e o número de vagens produzidas.

Considerado um dos métodos mais eficientes de utilização de defensivo, resultados de pesquisas têm evidenciado que alguns produtos, quando aplicados às sementes, podem, em determinadas situações, ocasionar redução na germinação destas e na sobrevivência das plântulas, devido ao efeito de fitointoxicação, embora o uso no tratamento em sementes seja indicado (ALVES et al., 2017).

Vários resultados indicam prejuízos à FBN por micronutrientes e outros produtos adicionados às sementes e a maior ocorrência de efeitos negativos do tratamento delas com agrotóxicos na FBN ocorre em solos de primeiro ano de cultivo com soja, ou solos não cultivados com ela há alguns anos, ou solos arenosos, que apresentam baixa população de *Bradyrhizobium* spp (SEIXAS et al., 2020).

Contudo, estudar a aplicação de inseticidas e fungicidas no tratamento de sementes inoculadas a partir de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* spp e com a aplicação de hidrogel no solo, ocorre alteração do ambiente, podendo favorecer o desenvolvimento/recuperação das bactérias inoculadas, mesmo sabendo que os produtos químicos aplicados em sementes afetam as bactérias nitrificantes.

#### **1.4 Polímero de hidrogel**

A agricultura irrigada consome 72% da água utilizada no Brasil, sendo assim o maior consumidor no país. Porém, colabora com o aumento da oferta de alimentos e é importante para a produção agrícola que passa por déficit hídrico. Parte da irrigação aplicada é perdida através da percolação, escoamento superficial e evaporação, agravando assim o fato de que nem toda a água usada na irrigação é absorvida pela planta (MENDONÇA et al., 2015).

Tendo em vista a importância da irrigação para as culturas e com a intenção de racionalizar a utilização da água para isso, tem-se o hidrogel, um gel atóxico e totalmente livre de impactos para o meio ambiente por ser biodegradável, uma solução plausível (MAIA et al., 2017). Este polímero é capaz de absorver centenas de vezes o seu peso em água proveniente tanto da chuva quanto da irrigação e liberá-lo aos poucos no solo para a planta, reduzindo assim a frequência de irrigação (MENDONÇA et al., 2015).

Visto que o consumo de 70% da água potável do planeta vem da agricultura, estudos voltados para a diminuição dele vêm sendo de extrema importância para as questões ambientais do mundo. O hidrogel surge como uma alternativa de tecnologia para a diminuição do mesmo, mediante a trabalhos e pesquisa (MENDONÇA et al., 2013).

O uso deste polímero como condicionador de solo, contribui para aumentar a capacidade de retenção de água, reduzir a frequência de irrigação, melhorar a aeração e drenagem do solo, e acelerar o desenvolvimento radicular e aéreo da planta (AOUADA, 2009), por isso tem-se estudado o uso como alternativa na diminuição do consumo de água originário da irrigação (MELLO, 2017).

O hidrogel é um composto de Copolímero de Acrilamida e Acrilato de Potássio. Quando desidratado possui características físicas de um pó branco que após ser

hidratado com água, se forma um gel com aspecto transparente e gelatinoso de 100 a 400 vezes o seu tamanho (MAIA et al., 2017).

Segundo o fabricante de hidrogel AGROGEL<sup>®</sup>, as doses recomendadas podem variar de acordo com o tipo de solo, sendo maiores em solos arenosos e menores em solos argilosos. Sendo, sua recomendação baseada por planta em covas de plantio ou metros quadrados em gramados. No geral a dose ideal é de 2 a 2,5 g por litro do produto para se efetuar o processo de diluição.

Visto que a própria recomendação do fabricante é deficiente para grande variedade de cultivares encontradas no mercado, apresentando informações que podem ser consideradas empíricas, principalmente no que diz respeito à olericultura, o manejo incorreto desta tecnologia devido à falta de informações é uma desvantagem na utilização dos hidrogéis. Isso mostra a necessidade de estudos, visando fornecer informações pertinentes para sua utilização em diferentes culturas e sistemas de produção.

### **1.5 Retenção de Água no Solo (capacidade de campo e ponto de murcha permanente)**

A curva de retenção de água representa a relação entre o teor de água no solo e a energia com a qual ela está retida nos poros e/ou adsorvida nas partículas minerais do solo (MELO; SACRAMENTO; CONCEIÇÃO, 2015).

O conceito de água disponível (CAD), como sendo aquela contida no solo entre a umidade do solo na capacidade de campo e do ponto de murcha permanente, é indispensável para o correto manejo da água e orientação de projetos de irrigação. O critério é controverso, mas, se usado com bom senso, é de grande utilidade no entendimento da dinâmica da água e da sua disponibilidade às culturas. A grande dificuldade é estabelecer critérios para definição da umidade na qual o solo se encontra na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente (KLEIN, 2014).

A capacidade de campo (CC) é um conceito essencial no campo da engenharia agrícola e ambiental, que se refere à quantidade máxima de água que o solo pode reter após ser completamente infiltrado e drenado. É uma propriedade fundamental para o manejo adequado da água no solo, influenciando diretamente o crescimento das plantas, a eficiência do uso de água e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Segundo Zonta

et al. (2015), há avanços significativos na compreensão da capacidade de campo com uma ênfase especial em técnicas de medição e modelagem.

A caracterização das condições físico-hídricas do solo é de suma importância para um adequado manejo, principalmente para solucionar problemas referentes à drenagem, irrigação, conservação da água e do solo, sua infiltração no solo e o escoamento superficial (CASSOL et al., 2017).

Para a capacidade de campo, é muito comum o uso indiscriminado do potencial matricial correspondente a 33 kPa, o que, para as nossas condições (Latosolos), não é válido. Diversos estudos utilizaram o método perfil instantâneo, que consiste em saturar um perfil do solo e cobri-lo com lona plástica para impedir a perda de água por evaporação, tais estudos demonstram a eficiência da cobertura vegetal ou mesmo utilização de *mulching* nas culturas. Em tais condições, ocorrerá apenas a drenagem de água em profundidade (KLEIN, 2014).

Embora o ponto de murcha permanente (PMP) possa se diferenciar com as diversas espécies de plantas, seu estágio de desenvolvimento, o tipo de solo e as condições climáticas, ele é comumente aceito como o teor de água no solo correspondente à tensão de 1.500 kPa, podendo assim ser estimado de maneira indireta em laboratórios (MAROUELLI et al., 2011).

O PMP relata o limite mínimo de umidade presente no solo, abaixo do qual uma planta em crescimento ativo perde a turgescência de suas folhas, sem chances de se recuperar, mesmo se novamente irrigada e colocada em atmosfera saturada durante a noite. Representando, portanto, a condição do solo com 0% da água disponível para as plantas (KLEIN, 2014).

Para que seja economicamente viável a relação entre a dosagem ideal de hidrogel para as culturas do tomate e da soja, e a economia hídrica esperada, deve-se obter o conhecimento a respeito da CC do solo. Logo, a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente são fatores de importante utilização prática, pois a partir deles é factível conhecer a disponibilidade de água para cultivos e avaliar as necessidades de irrigação (ASSI et al., 2019).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AGRISTAR.** SEMENTE TOMATE SANTA ADÉLIA. 2022. Disponível em: <https://agristar.com.br/topseed-garden/tradicional-hortalicas/tomate-santa-adelia/552097>. Acesso em: 10 jul. 2022.

ALVES, E.; AGUIAR, E.; PEREIRA, C.; MOREIRA, I.; LOPES FILHO, L. C.; SANTINI, J. M. K. Efeito do tratamento químico com inseticida/fungicida e polímero na qualidade fisiológica da semente de soja-Effect of chemical treatment with insecticide/fungicide and polymer on the physiological quality of soybean seed. **Cientific@-Multidisciplinary Journal**, v. 4, n. 1, p. 12-18, 2017.

AOUADA, F. A. **Síntese e caracterização de hidrogéis de poliacrilamida e metilcelulose para liberação controlada de pesticidas**. 2009. 141 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

ARAÚJO, F. M. L.; RODRIGUES, A. M. G.; FERNANDES, C. N. V.; SOBREIRA, A. E. A.; SOUZA ALVES, J. L.; SILVA, A. R. A. Cultivo de rabanete sob diferentes lâminas de irrigação e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 3327-3335, 2019.

ARMOA BAEZ, M. S. Balanço hídrico e produtividade da soja cultivada sob diferentes níveis de déficit hídrico no sul do Brasil. **Investigación Agraria**, p. 3-12, 2020.

ASSI, A. T.; BLAKE, J.; MOHTAR, R. H.; BRAUDEAU, E. Soil aggregates structure-based approach for quantifying the field capacity, permanent wilting point and available water capacity. **Irrigation Science**, v. 37, p. 511-522, 2019.

BARROS, I. G. Influência do Tratamento de Sementes com Fungicida e Inseticida sob *Bradyrhizobium japonicum* na Cultura da Soja. 2018.

BAZZO, J. H. B.; MONTEIRO, J.; MARINHO, J. L. Inoculação e coinoculação de *Azospirillum* e *Bradyrhizobium*, via sementes e em cobertura, na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Cultura Agronômica**, v. 29, n. 4, p. 426-436, 2020.

CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

CARDOSO, M. B.; PASCUTTI, T. M.; FERREIRA FILHO, P. J.; PRADO, E. P.; GUERREIRO, J. C. Associação da bactéria *Bradyrhizobium japonicum* com agrotóxicos utilizados no tratamento de sementes de soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 18526-18537, 2019.

CASAS, N. A. C.; CARDOSO, I. M.; TEIXEIRA, R. S. Temperatura e umidade do solo coberto com resíduos vegetais na produção de hortaliças agroecológicas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 1, p. 1-4, 2020.

CASSOL, I. J.; LOPES, A. DA S.; FANAYA JÚNIOR, E. D.; BELCHIOR, I. B.; CHERRI, D. O. Propriedades físico-hídricas do solo submetido a dois sistemas de cultivo. **Water Resources and Irrigation Management-WRIM**, v. 6, n. 1, p. 87-94, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Tomate**: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense. Compêndio de estudos Conab, v.21, p. 1-22, 2019.

COSTA, E. M.; NUNES, B. M.; VENTURA, M. V. A.; ARANTES, B. H. T.; MENDES, G. R. Efeito fisiológico de inseticidas e fungicida sobre a germinação e vigor de sementes de soja (*Glycine max* L.). **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 5, n. 2, p. 77-84, 2018.

COSTA, F. D. K. D.; MENEZES, J. F. S.; ALMEIDA JÚNIOR, J. J.; SIMON, G. A.; MIRANDA, B. C.; LIMA, A. M.; LIMA, M. S. Desempenho agrônômico da soja convencional cultivada com fertilizantes organomineral e mineral. **Nucleus**, v. 15, n. 2, p. 301-309, 2018.

DALGALO, D. S. S.; BORSOI, A.; SLOVINSKI, F. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja submetidas ao tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas e armazenadas por diferentes períodos. **Revista Cultivando o Saber**, v. 12, n. 4, p. 77-86, 2019.

DEMUNER, A. P. V.; MEIRELES, R. C.; REIS, L. S.; VIEIRA, H. S.; GARCIA, W. A.; ZINGER, L.; PIRES, A. A. Emergência de plântulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) em diferentes tensões de retenção de água no solo. **Revista Thema**, Pelotas, v. 14, n. 4, p. 14-24, 2017.

FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PADUA, G. P. de; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

FAVORETO, L.; MEYER, M. C.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; MACHADO, A. C. Z.; SANTIAGO, D. C.; RIBEIRO, N. R. Diagnose e manejo de fitonematoídes na cultura da soja. **Informe Agropecuário**, v. 40, n. 306, p. 18-29, 2019.

GASTL FILHO, J.; RESENDE, M. A.; FERREIRA, I.; MARTINS, I. S.; PIVA, H. T. Desempenho agrônômico de alface orgânica em função da cobertura do solo. **Revista Agroecossistemas**, v. 12, n. 2, p. 51-68, 2021.

HACHMANN, T. L.; DALASTRA, G. M.; ECHER, M. M.; RISSATO, B. B. Cultivo de alface mimosa sobre diferentes materiais de cobertura de solo e sob agrotêxtil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 23, n. 1/2, p. 10-21, 2017.

HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C. de; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CAMPOS, L. J. M. **Análise financeira da produção de soja na macrorregião sojícola 5**. In: HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C. de; BALBINOT JUNIOR, A. A. (Ed.). Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola 5. Londrina: Embrapa Soja, 2018. p. 63-98.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Alternative methods and time for soybean inoculation to overcome adverse conditions at sowing. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 23, p. 2329-2338, 2015.

HUNGRIA, M; NOGUEIRA, M. A. **Tecnologias de inoculação da cultura da soja: Mitos, verdades e desafios.** In: Boletim de Pesquisa 2019/2020. Rondonópolis: Fundação MT, 2019. p. 50-62. (Fundação MT. Boletim, 19).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal – PAM – 2017.** Brasília: IBGE, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 20 jul. 2021.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Guarapuava, v.19, n.1, p. 21-29, 2015.

KOSTERNA E. Soil mulching with straw in broccoli cultivation for early harvest. **Journal of Ecological Engineering**, v. 15, n. 2, p. 100–107, 2014.

LEAL, M. L. A.; CHAVES, J. S.; SILVA, J. A.; SILVA, L. S.; SOARES, R. B.; NASCIMENTO, J. P. S.; BRITO NETO, A. F. Efeito dos sistemas de manejo e do uso do solo na população de microrganismos do solo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, e21910917966, 2021.

MACHADO, T. M.; DOS SANTOS, G.; AMORIM, G. V. P.; SANTOS, L. M.; SANTOS NETO, J. Volume de substrato na produção de mudas influencia desempenho de tomateiro no campo. **Revista Terra e Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, p. 373-386, 2018.

MAIA, A.; MAIA, A. F.; VIANNA, N.; BERGER, T.; SOARES, M.; AGUILA, J. S. MANEJO EM CASA DE VEGETAÇÃO DO PORTA-ENXERTO DE VIDEIRA SO4 COM POLÍMEROS HIDRORETENTORES. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 9, n. 2, p. 1-5, 2017.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio Brasil 2015/16 a 2025/26 Projeções de Longo Prazo.** 7.ed. Ano 2016. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/proj\\_agronegocio2016.pdf/view](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/proj_agronegocio2016.pdf/view). Acesso em: 20 fev. 2022.

MAROUELLI, W. A.; DE OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

MELLO, A. S.; VALERIANO, C. R.; PEREIRA, M. O.; SILVA, R. S.; MATOS, E. H. D. S. F.; NASCIMENTO, P. G. B. D.; GHESTI, G. F. ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE HIDROGEL PRODUZIDO A PARTIR DE BIOMASSA E SUA APLICAÇÃO COMO CONDICIONADOR DE SOLOS. **Cadernos de Prospecção**, v. 10, n. 4, p. 804, 2017.

MELO, F. J. F.; SACRAMENTO, J. A. A. S.; CONCEIÇÃO, B. P. S. Curva de retenção de água elaborada pelo método do psicrômetro para uso na determinação do índice "S" de qualidade física do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 959-966, 2015.

MENDONÇA, T. G.; BERÇA, A. S.; SOUZA, C. F. Uso da água em tomateiro cultivado com cobertura morta em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 1, p. 3236-3246, 2019.

MENDONÇA, T. G.; QUERIDO, D. C. M.; SOUZA, C. F. Eficiência do polímero hidroabsorvente na manutenção da umidade do solo no cultivo de alface. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 4, p. 239-245, 2015.

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.

NOMURA, M.; BARBOSA, G. G. F.; LIMA, C. H.; COSTA, E. M.; VENTURA, M. V. A.; VILARINHO, M. S.; PEREIRA, L. S. QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS A DOSES DO INOCULANTE *Bradyrhizobium japonicum*. **Ipê Agronomic Journal**, v. 3, n. 1, p. 91-96, 2019.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira**. Grãos. SAFRA 2022/2023 Sexto Levantamento Março/2023. Brasília: DF, 2023, 97p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 27 jun. 2023.

OLIVEIRA, K. A. S.; DALLACORT, R.; BARBIERI, J. D.; DANIEL, D. F.; TIEPPO, R. C.; SANTOS, S. B. Variabilidade mensal e sazonal da temperatura do solo em diferentes condições de cobertura e de profundidades na região de Tangará da Serra, Mato Grosso. **Científica**, v. 47, n. 3, p. 256-268, 2019.

PEIXOTO, J. V. M.; MORAES, E. R.; PEIXOTO, J. L. M.; NASCIMENTO, A. R.; NEVES, J. G. Tomaticultura: Aspectos morfológicos e propriedades físico-químicas do fruto. **Revista Científica Rural**, v. 19, n. 1, p. 96-117, 2017.

REGANOLD, J. P.; WACHTER, J. M. Organic agriculture in the twenty-first century. **Nature plants**, v. 2, n. 2, p. 1-8, 2016.

SANTOS, J. C. C. D.; SALOMÃO, L. C.; SILVA, L. F. V. D.; OLIVEIRA, R. F. D.; CANTUARIO, 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**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 408-418, 2022.

SCHWERZ, F.; CARON, B. O.; ELLI, E. F.; SOUZA, V. Q.; OLIVEIRA, D. M.; ROCKENBACH, A. P. Soybean morphological and productive characteristics influenced by meteorological parameters and sowing dates. **Científica**, Jaboticabal, v. 44, n. 2, p. 121-130, 2016.

SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223209/1/SP-17-2020-online-1.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2022.

SILVA C. W. S.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.; NASCIMENTO, P. E. R.; CORRÊA, F. R. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **IRRIGA**, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. S.; FRANÇA, F. H.; BÔAS, G. L. V.; BRANCO, M. C.; MEDEIROS, M. C.; MAROUELLI, W.; SILVA, W. L. C.; LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C.; NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, W. **Cultivo De Tomate Para Industrialização**: Composição Nutricional. 2 ed. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2006. Disponível em: [https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial\\_2ed/composicao.htm](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/composicao.htm). Acesso em: 23 jul. 2021.

SILVA, R. A.; SILVA, V. P. R.; NUNES, A. C.; SILVA, P. H. C.; NAOE, A. M. L.; MACIEL, G. F. QUANTIFICAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA DA SOJA NA REGIÃO DO MATOPIBA: cenário atual e mudanças climáticas. **Desenvolvimento Sustentável e Mutações no Agrário Brasileiro**: lutas e resistência, [S.L.], p. 159-178, 2021. Editora Científica Digital. DOI: <http://dx.doi.org/10.37885/210504747>.

SOUZA, D.S. LIMA; S.F., CADORE, E.; DAVID, C.H.O.; SANTOS, O.F. Aplicação de ureia revestida e produtos foliares no milho safrinha. **Revista Nucleus**, v. 14, n. 1, p. 323-334, 2017.

SPAGNUOLO, F. A.; KAGI, F. Y.; MACEDO, R. B.; CAMARGO, E. F.; BARZAN, R. R.; MURAOKA, E. I.; MOURA, L. Análise comparativa entre o custo do manejo fitossanitário e da rentabilidade da produção de tomate orgânico e convencional em ambiente protegido. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 120, n. 1, p. 064-064, 2021.

ZANARDI, L. C.; YADA, M. M. IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS GERADOS PELO DESPERDÍCIO DE ALIMENTOS. **SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga**, v. 5, n. 1, p. 437-447, 22 dez. 2019.

ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C.; PEREIRA, J. R.; SOFIATTI, V. **Manejo da irrigação do algodoeiro**. 2015.

### **CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS-HÍDRICOS DE LATOSSOLO EM FUNÇÃO DO TEMPO E DOSES DE HIDROGEL**

#### **RESUMO**

A água existente no solo que será efetivamente utilizada pela planta, está assimilada entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), chamada de capacidade de água disponível (CAD). Conforme vai ocorrendo o processo de evapotranspiração, o conteúdo de água no solo entre a CC e o PMP vai cessando, tornando cada vez mais difícil a absorção de água pela cultura. Assim, objetivou-se analisar os atributos físico-hídricos do solo em relação as doses de hidrogel pela câmara de Richards. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Física do Solo da Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal-MG, localizada geograficamente com Latitude: 20°04'44", Longitude: 48°55'19". O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico. A pesquisa foi conduzida em um delineamento inteiramente casualizado, sendo, esquema fatorial 5x6, onde se utilizou cinco doses de hidrogel (0; 0,5; 1; 2; 4 g), sendo zero o controle e seis curvas de retenção (10 kPa, 33 kPa, 100 kPa, 300 kPa, 500 kPa e 1500 kPa), com cinco repetições. Com os dados obtidos foi possível encontrar o tempo em que cada amostra se manteve em processo, o conteúdo gravimétrico de água (CGA), e o conteúdo gravimétrico de água no potencial de 1500 kPa referente ao ponto de murcha permanente (PMP). Densidade do solo e de partícula foram avaliadas também. Pôde-se concluir ao final da pesquisa, que o hidrogel teve um comportamento de reter maior quantidade de água nas amostras até sua capacidade de campo (CC) independente das doses, pois esteve agindo com maior incidência. Contudo, quando em maior potencial mátrico (1500 kPa), ou seja, em seu ponto de murcha permanente (PMP), ele levou mais tempo para perder essa água, mostrando eficiência em situações de estresse hídrico da cultura para as doses de 0,5 g.L<sup>-1</sup> e 1 g.L<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Capacidade de campo. Ponto de murcha permanente. Câmara de Richards.

## EVALUATION OF PHYSICAL-WATER ATTRIBUTES OF OXISOL AS A FUNCTION OF TIME AND HYDROGEL DOSES

### ABSTRACT

The existing water in the soil that will be effectively used by the plant is assimilated between the field capacity (CC) and the permanent wilting point (PMP), called available water capacity (CAD). As the evapotranspiration process occurs, the water content in the soil between the CC and the PMP ceases, making it increasingly difficult for the crop to absorb water. Thus, the objective was to analyze the physico-hydric attributes of the soil in different doses of hydrogel using the Richards chamber. The research was carried out at the Soil Physics Laboratory of the State University of Minas Gerais, Frutal-MG Unit, geographically located with Latitude: 20°04'44", Longitude: 48°55'19". The soil used was classified as a typical dystrophic Red Latosol. The research was conducted in a completely randomized design, with a 5x6 factorial scheme, where five different doses of hydrogel (0; 0.5; 1; 2; 4 g) were used, with zero being the control and six different retention curves (10 kPa, 33 kPa, 100 kPa, 300 kPa, 500 kPa and 1500 kPa), with five repetitions. With the data obtained, it was possible to find the time that each sample was kept in process, the gravimetric water content (CGA), and the gravimetric water content at the potential of 1500 kPa referring to the permanent wilting point (PMP). Soil and particle density were also evaluated. It could be concluded at the end of the research, that the hydrogel had a behavior of retaining a greater amount of water in the samples up to its field capacity (CC) regardless of the doses, as it was acting with greater incidence. However, when at a higher matric potential (1500 kPa), that is, at its permanent wilting point (PMP), it took longer to lose this water, showing efficiency in situations of water stress for the crop at doses of 0.5 g.L<sup>-1</sup> and 1 g.L<sup>-1</sup>.

**keywords:** Field capacity. Permanent wilting point. Richards chamber.

## 1 INTRODUÇÃO

A infiltração é o processo pelo qual a água permeia a superfície do solo percolando até o lençol freático. Calcar este processo é de grande importância prática pois a taxa de infiltração da água no solo é um dos fatores que mais interfere o escoamento superficial. Tal conhecimento fornece subsídios para o dimensionamento de sistemas de irrigação e drenagem já que a infiltração determina o balanço de água na zona radicular e suas relações com as propriedades do solo, que é de total importância para o eficiente manejo da água e do solo (BRANDÃO et al., 2006).

A densidade do solo é afetada pelos sistemas de uso da terra que modificam a sua condição e, por consequência, a disposição e o volume dos poros. Estabelecida como sendo o quociente de sua massa de sólidos por seu volume, essas alterações modificam propriedades físico-hídricas importantes, como a retenção de água no solo, a porosidade de aeração, a resistência do solo à penetração e a disponibilidade de água às plantas (KLEIN, 2014).

A retenção de água em um solo não saturado, acontece predominantemente pelos fenômenos de capilaridade e adsorção, constituindo as forças mátricas do solo, ou seja, aquele solo em que seus poros estão preenchidos por diferentes quantidades de água (solução do solo) e ar, essas forças indicam a energia (potencial mátrico) com que a água está contida na matriz do solo e cuja intensidade aumenta de acordo em que baixa seu conteúdo de água (LIBARDI, 2010).

A água existente no solo que será efetivamente utilizada pela planta, está assimilada entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), chamada de capacidade de água disponível (CAD). Conforme vai ocorrendo o processo de evapotranspiração, o conteúdo de água no solo entre a CC e o PMP vai cessando, tornando cada vez mais difícil a absorção de água pela cultura (OLIVEIRA; RAMOS; AQUINO, 2016).

Assim, a curva de retenção torna-se importante para a agricultura, conforme a infiltração de água no solo e o manejo da irrigação. A retenção pode ser observada por métodos de coleta de dados através de estudos laboratoriais com utilização de equipamentos específicos para tal. Vários são os instrumentos, entre eles podemos citar as mesas de tensão e o extrator de Richards.

Este instrumento por último supracitado, também chamado câmara de pressão de Richards, consiste em uma câmara construída para suportar alta pressão, com uma placa

de cerâmica porosa no seu interior. Sob condições de laboratório é utilizado para a determinação de curvas de retenção de solução no solo conteúdo de água em função do potencial mátrico (LIBARDI, 2018).

Neste sentido, há ausência de estudos sobre a retenção e disponibilidade de água em solos com a aplicação de hidrogel, principalmente para as culturas de tomate e soja, o que levou a execução deste trabalho.

Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar os atributos físico-hídricos do solo sob doses de hidrogel pela câmara de Richards.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização do experimento**

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Física do Solo da Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal-MG, localizada geograficamente com Latitude: 20°04'44", Longitude: 48°55'19". O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, segundo Santos et al. (2018). De acordo com Santos e colaboradores (2018) foi determinado a textura do solo, sendo franco-argiloso arenosa (70,2% areia, 9,11% silte e 20,68% argila).

### **2.2 Metodologia em laboratório**

O solo em estudo utilizado foi um Latossolo de barranco, onde inicialmente ele foi peneirado e seco em estufa à 60°C até atingir massa constante, logo após, autoclavado a 121°C por 15 minutos, para evitar a interferência de contaminação por algas e microorganismos. Assim, evitou-se utilizar métodos de controle químico para que não houvesse qualquer tipo de interação com o hidrogel.

A pesquisa foi conduzida em um delineamento inteiramente casualizado, sendo, esquema fatorial 5x6, onde se utilizou cinco doses de hidrogel (0; 0,5; 1; 2; 4 g), sendo zero o controle e seis curvas de retenção (10 kPa, 33 kPa, 100 kPa, 300 kPa, 500 kPa e 1500 kPa), com cinco repetições.

A solução de hidrogel foi preparada na diluição de cada dose (0; 0,5; 1; 2; 4 g) para 1 litro de água destilada (Figura 1). Para cada porção de 500 g de solo foi adicionado 33 mL de solução preparada de hidrogel, levado em seguida para estufa por 60°C até atingir massa constante.



**Figura 1** – Metodologia de preparo das soluções de diferentes doses de hidrogel.

Para cada repetição foram pesados precisamente 27 g de solo em balança semianalítica (Figura 2A), em seguida, o solo foi transferido para anéis de polipropileno. Cada anel recebeu papel filtro e malha de polietileno de fina gramatura presas por elástico látex (Figura 4B) para que não se perdesse o solo e permitisse que a água infiltrasse.

Os anéis são sobrepostos em placas de cerâmica (meio poros) com seus respectivos potenciais matriciais expresso em Bar para posteriormente serem embebidas em água por capilaridade e hidratadas durante 24h (Figura 2B).

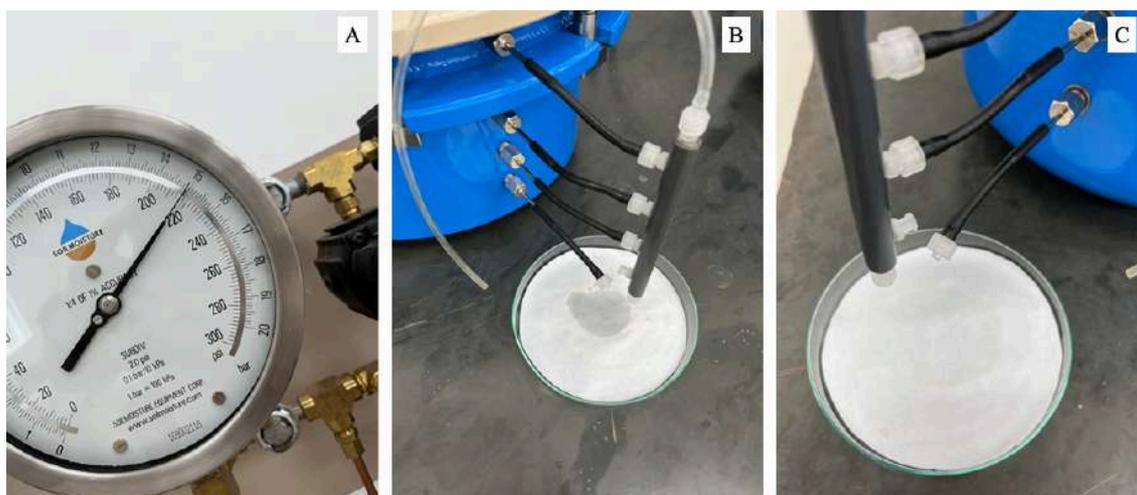


**Figura 2** – Pesagem do solo em balança semianalítica (A); Anéis polipropileno sobrepostos em placa de cerâmica (B).

Após completa hidratação, as placas são condicionadas nas Câmaras de

Richards, onde são pressurizadas por um sistema de compressores, reguladores de pressão e manômetros (Figura 3).

O potencial (pressão) desejado é ajustado (Figura 3A) e, conseqüentemente, a água retida com forças menores que o potencial aplicado se move em direção e através da placa cerâmica, passando para o sistema de drenagem (Figura 3B). O equilíbrio é determinado quando a drenagem do efluxo cessa (Figura 3C). As datas de entrada e saída foram anotadas, para que ao final do processo, fosse estimado o tempo gasto em que cessou a eliminação de água para cada dose e tensão determinada (kPa).



**Figura 3** – Nanômetro com potencial matricial desejado (A); Água sendo drenada (B); Efluxo cessado (C).

Após serem retiradas dos extratores, foi estimado o conteúdo de água gravimétrico, onde foram pesadas as amostras em balança semianalítica para obtenção de sua massa úmida (Figura 4A), em seguida, foram colocadas em estufa à 60°C até atingir massa constante (Figura 4B) e posteriormente foram pesadas para obtenção da massa seca.



**Figura 4** – Pesagem da massa das amostras após saírem da câmara de Richards (A); Anéis de polipropileno em estufa de secagem (B).

Com os dados obtidos foi possível encontrar o tempo em que cada amostra se manteve em processo, o conteúdo gravimétrico de água (CGA), e o conteúdo gravimétrico de água no potencial de 1500 kPa referente ao ponto de murcha permanente (PMP) pelas seguintes equações 1 e 2, conforme Teixeira et al. (2017):

$$CGA_i = \frac{(p_{as} - m_s)}{m_s} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:  $CGA_i$  = conteúdo gravimétrico de água a determinado potencial (kPa), em  $\text{Kg Kg}^{-1}$ ;  $p_{as}$  = massa de solo + água da amostra após ser submetida ao potencial avaliado, em g;  $m_s$  = massa de solo seco a  $105^\circ\text{C}$  após atingir peso constante, em g.

$$PMP = \frac{(a - b)}{b} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: PMP = ponto de murcha permanente (conteúdo gravimétrico de água no potencial de 1.500 kPa), em  $\text{kg kg}^{-1}$ ; a = massa da amostra de solo após ser equilibrada no potencial de 1.500 kPa, em g; b = massa de solo seco a  $105^\circ\text{C}$  após atingir peso constante, em g.

Após todo o procedimento, foi avaliado a densidade do solo para as doses de hidrogel. Utilizando-se de cilindros de metal com volume conhecido e massa seca constante de cada amostra em triplicada, estabelecida em estufa de circulação forçada a  $105^\circ\text{C}$  (Figura 5), sendo assim possível determinar a densidade do solo pela seguinte equação 3:

$$D_s = \frac{m_a}{V} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:  $D_s$  = densidade do solo, em  $\text{kg dm}^{-3}$  (equivalente a  $\text{g cm}^{-3}$ );  $m_a$  = massa da amostra de solo seco a  $105^\circ\text{C}$  até peso constante, em g; V = volume do cilindro, em  $\text{cm}^3$ .



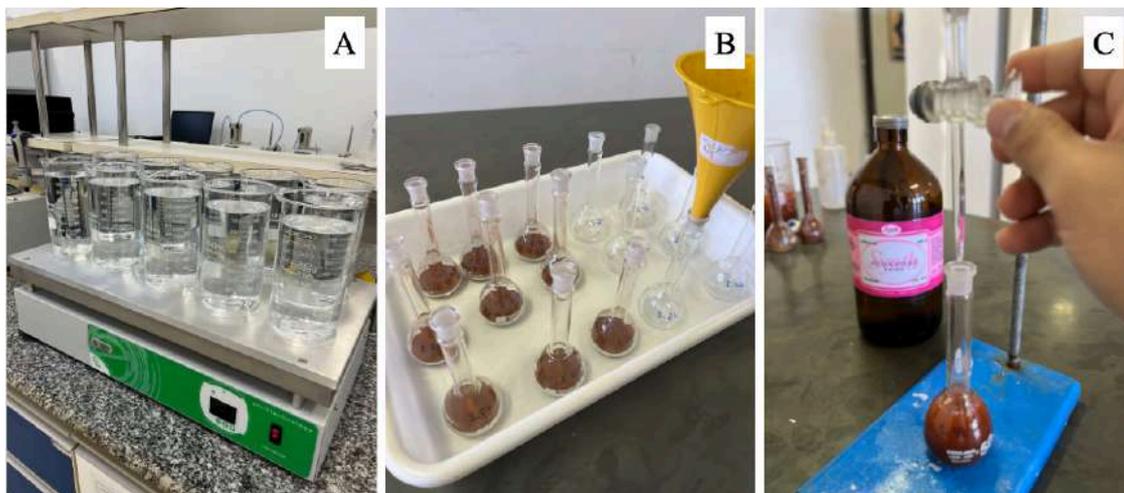
**Figura 5** – Estufa de circulação de ar forçado, estabelecendo seus 105°C para secagem das amostras.

Para a determinação da densidade de partícula, 20 g de massa de solo seca com cada dosagem de hidrogel, foram adicionadas a balões volumétricos devidamente aferidos a 50 mL com água destilada e desairada. Para obtenção da água desairada, a água destilada passa por processo de fervura para que assim perca o oxigênio que possa a vir formar microbolhas de ar nas amostras (Figura 6A).

As amostras foram transferidas para os balões volumétrico de 50 mL com auxílio de um funil (Figura 6B). Em seguida foi adicionado álcool etílico até cobrir cada amostra, agitando bem o balão para eliminar as bolhas de ar que se formaram e foram mantidas em repouso por meia hora. Em seguida, cuidadosamente, o álcool foi adicionado utilizando uma bureta graduada de 50 mL até completar o volume do balão (Figura 6C) sendo assim possível determinar a densidade de partícula pela seguinte equação 4 (TEIXEIRA et al., 2017):

$$D_p = \frac{m_a}{(V_T - V_u)} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:  $D_p$  = densidade de partículas, em  $\text{kg dm}^{-3}$  (equivalente a  $\text{g cm}^{-3}$ );  $m_a$  = massa da amostra de solo seco a 105°C até peso constante, em g;  $V_T$  = volume total aferido do balão, em mL;  $V_u$  = volume utilizado para completar o balão com a amostra, em mL.



**Figura 6** – Água em mesa aquecedora sendo desairada (A); Solo seco sendo adicionado a cada balão volumétrico (B); Adição de álcool etílico no balão volumétrico (C).

Porosidade total foi calculada usando as informações supracitadas a partir da equação 5:

$$Pt = \frac{(D_p - D_s)}{D_p} \times 100 \quad \text{Eq. 5}$$

Onde: Pt = porosidade total, em  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ;  $D_p$  = densidade de partículas sólidas do solo, em  $\text{kg dm}^{-3}$ ;  $D_s$  = densidade do solo, em  $\text{kg dm}^{-3}$ .

### 2.3 Análise estatística

Os resultados obtidos dos atributos avaliados foram submetidos à média e desvio padrão, utilizando-se o programa Office Excel (2021) da empresa Microsoft™.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observa-se as seguintes variáveis; densidade do solo, densidade de partícula e porosidade total submetidos a diferentes doses de hidrogel (0; 0,5; 1; 2 e 4 g  $\text{L}^{-1}$ ). Na densidade do solo verifica-se menores valores nas doses 0,5 e 1 g  $\text{L}^{-1}$ , logo estes solos possuem menor compactação e maior porosidade, ao contrário do que se observa para a dose de 2 g  $\text{L}^{-1}$ .

O solo se constitui em um sistema trifásico, que é formado por uma parte sólida (minerais, matéria orgânica etc.), uma parte líquida (solução do solo) e uma parte gasosa (ar do solo). A parte líquida e gasosa ocupa os espaços livres do solo, que são os

poros, que variam em tamanho e se dividem em macroporos (CARNEIRO; DINIZ, 2014).

Para a densidade de partícula, maiores valores na dose de 0,5 g L<sup>-1</sup> com 2,67 kg dm<sup>-3</sup>, podendo ser observado que a menor dose de hidrogel, aumentou a massa de partícula do Latossolo. Em relação a porosidade, não se observa alteração no solo pelo fato de se adicionar hidrogel, no entanto maior valor observa-se na dose de 0,5 g L<sup>-1</sup> (Tabela 1).

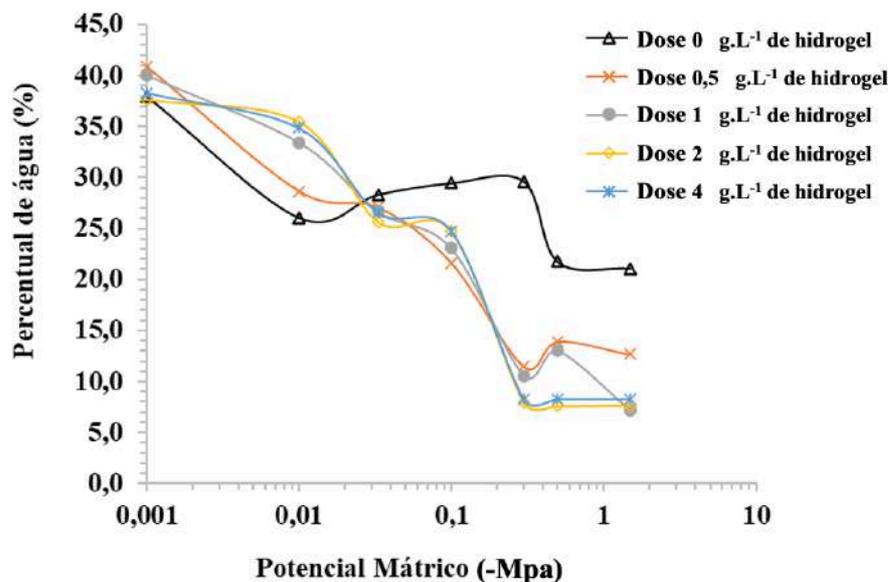
Os macroporos tem maior diâmetro e por isso, perdem água com maior facilidade pela ação da gravidade. Os microporos ao contrário, estão dispostos em forma de capilares contínuos de pequeno comprimento que se dirigem em diferentes direções. Por terem um diâmetro muito menor em relação aos macroporos, tem mais capacidade de resistir a perda de água (CARNEIRO; DINIZ, 2014).

**Tabela 1** – Dados dos atributos físicos do solo considerando as dosagens de hidrogel.

Doses de hidrogel (g L <sup>-1</sup> )	Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> )	Desvio padrão	Densidade de partícula (kg dm <sup>-3</sup> )	Desvio padrão	Porosidade total (%)
0	1,35	±0,01	2,63	±0,1	48,67
0,5	1,31	±0,01	2,67	±0,1	50,94
1	1,33	±0,02	2,62	±0,1	49,23
2	1,37	±0,00	2,60	±0,1	47,31
4	1,36	±0,00	2,63	±0,1	48,29

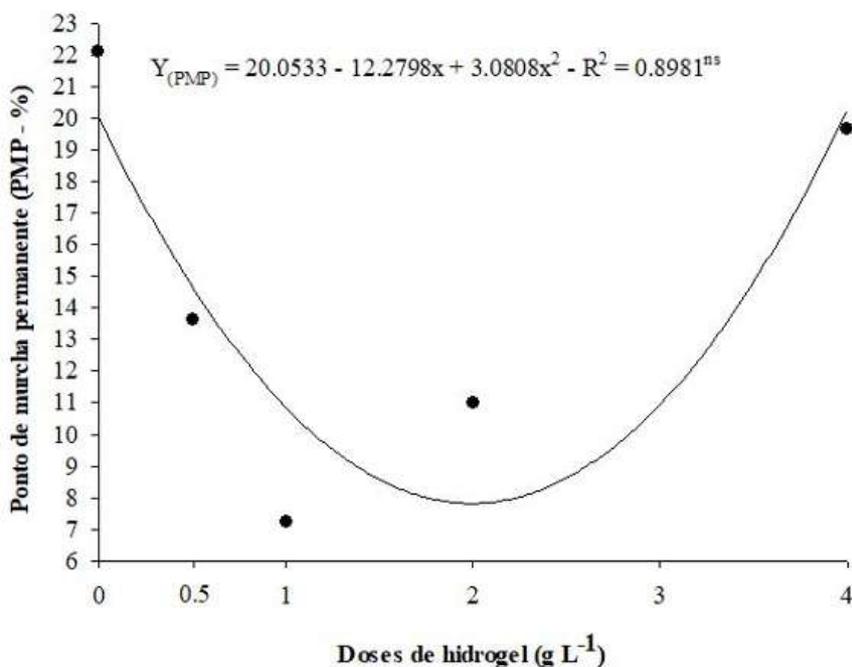
As diferentes doses tiveram um comportamento decrescente no que tange o percentual de água, se estabilizando no potencial mátrico de 33 kPa, independente das dosagens (Figura 7).

Corroborando com os resultados encontrados, Bernardo, Soares e Mantovani (2006) afirmam que a tensão correspondente a solos típicos do cerrado é comum encontrar a CC com valores correspondentes a 33 kPa (0,033 Mpa), pois a distribuição de tamanho dos poros determina a quantidade de água que irá permanecer no solo quando ele é submetido a baixas tensões.



**Figura 7** – Conteúdo gravimétrico de água (%) em função de doses de hidrogel ( $\text{g.L}^{-1}$ )

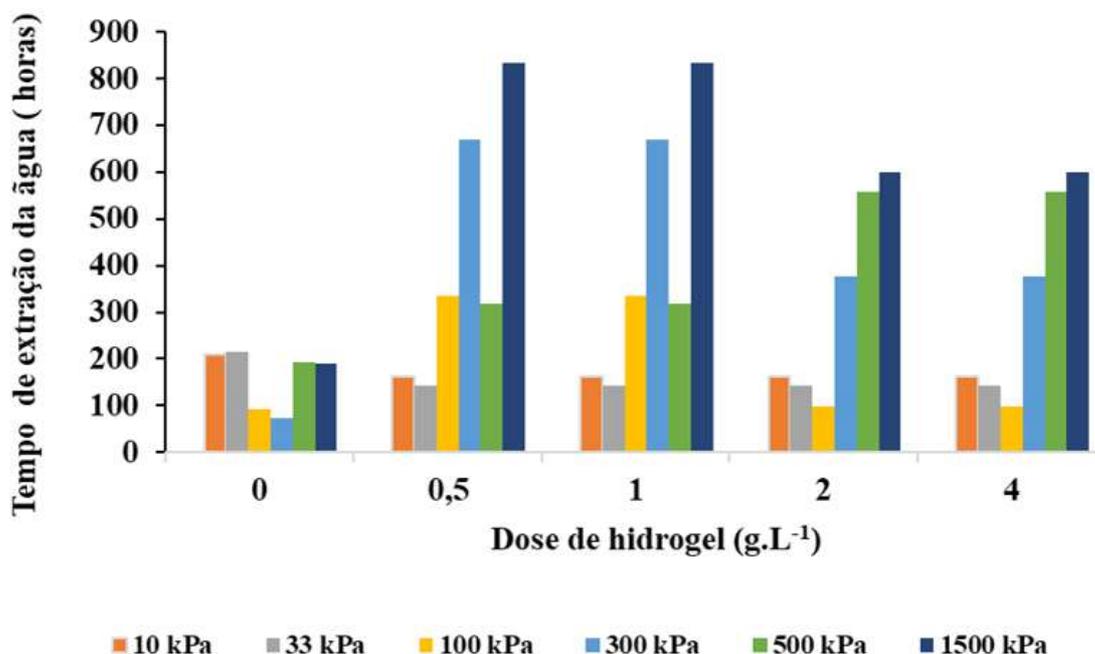
De acordo com a Figura 8, observa-se que o ponto de murcha permanente (PMP), para o solo sem hidrogel o percentual de água retida na amostra é maior em relação as outras com hidrogel.



**Figura 8** – Ponto de murcha permanente (PMP - %) em função das doses de hidrogel ( $\text{g.L}^{-1}$ )

Quanto ao tempo gasto para se alcançar o ponto de murcha nas doses de hidrogel, observa-se que com  $0,5 \text{ g.L}^{-1}$  e  $1 \text{ g.L}^{-1}$ , as amostras mantiveram por mais

tempo a água retida, mesmo que em baixa porcentagem, mostrando sua eficiência em disponibilizar água a longo prazo.



**Figura 9** – Tempo de extração da água (horas) em função de doses de hidrogel (g.L<sup>-1</sup>)

#### 4 CONCLUSÃO

Podemos considerar que o hidrogel teve um comportamento de reter maior quantidade de água nas amostras até sua capacidade de campo (CC) independente das doses, pois esteve agindo com maior incidência. Contudo, quando em maior potencial mátrico (1500 kPa), ou seja, em seu ponto de murcha permanente (PMP), ele levou mais tempo para perder essa água, mostrando eficiência em situações de estresse hídrico da cultura para as doses de 0,5 g.L<sup>-1</sup> e 1 g.L<sup>-1</sup>.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da Água no Solo**. 3. ed. Viçosa, Mg: Ufv, 2006. 120 p.

CARNEIRO, G. C.; DINIZ, N. C. **Agricultura irrigada no foco da geotecnologia**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2014. 154 p.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. 3. ed. Passo Fundo, Rs: Upf Editora, 2014. 263 p.

LIBARDI, P. L. Água no solo. In: LIER, Q. DE J. VAN (ed.). **Física do Solo**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 103–152.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da Água no Solo. 3. ed. São Paulo, SP: Edusp, 2018. 352 p.  
OLIVEIRA, R.A. de.; RAMOS, M.M.; AQUINO, L. Â. de. Irrigação. In: BORÉM, A.; SANTOS, F. (eds.). **Cana-de-açúcar: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2016. p. 177-207.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C.; PEREIRA, J. R.; SOFIATTI, V. **Manejo da irrigação do algodoeiro**. 2015.

## CAPÍTULO 4 – AVALIAÇÃO DO TOMATE SOB DOSES DE HIDROGEL EM SOLO COM E SEM PALHA

### RESUMO

O uso eficiente da água na agricultura é um desafio, visando a obtenção de cultivos produtivos e economicamente viáveis. Assim, este trabalho teve como objetivo verificar o crescimento e desenvolvimento do tomateiro em solo sob doses de polímero de hidrogel, com e sem palha. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x2, com quatro repetições, sendo os tratamentos feitos a partir da combinação de: cinco doses do hidrogel (0; 0,5; 1; 2; 4 g L<sup>-1</sup>), sendo zero o controle; e dois tipos de cobertura do solo (com e sem palha). O polímero hidroretentor (hidrogel) AGROGEL® foi administrado em forma de pó diluído em suas respectivas doses para 1 L de água. Foi adicionado 300 mL de cada diluição (0; 0,5; 1; 2; 4 g L<sup>-1</sup>) por vaso. Em seguida, os vasos foram molhados a cada 24 horas utilizando uma proveta, onde foi ministrado o volume de 75 mL de água por planta. Conclui-se que a utilização da palha em cobertura com a aplicação de 0,5 g de hidrogel, influenciou positivamente no crescimento e desenvolvimento da cultura do tomate.

**Palavras-chave:** Polímero hidroretentor. *Mulching*. Economia hídrica.

## **EVALUATION OF TOMATO UNDER HYDROGEL DOSES IN SOIL WITH AND WITHOUT STRAW**

### **ABSTRACT**

The efficient use of water in agriculture is a challenge, aiming at obtaining productive and economically viable crops. Therefore, this work aimed to evaluate a tomato production system with the use of soil cover in line with the use of hydroretentive polymer. The experimental design used was completely randomized, in a 5x2 factorial scheme, with four replications, with the treatments being based on the combination of: five hydrogel doses (0; 0.5; 1; 2; 4 g L<sup>-1</sup>), being zero the control; and two types of soil cover (with and without straw). The hydroretentive polymer (hydrogel) AGROGEL® was administered in powder form diluted in their respective doses for 1 L of water. 300 mL of each dilution (0; 0.5; 1; 2; 4 g L<sup>-1</sup>) was added per pot. Then, the vases were wetted every 24 hours using a beaker, where a volume of 75 mL of water per plant was administered. It was concluded that the use of straw as a cover with the application of 0.5 g of hydrogel had a positive influence on the growth and development of the tomato crop.

**Keywords:** Hydroretentive polymer. Mulching. Water economy.

## 1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum L.*), é uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas no mundo, sendo responsável pela geração de empregos nos setores de produção, apresentando elevada importância econômica. Além disso, é considerada também uma das hortaliças mais consumidas no Brasil, sendo os Estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais, tendo o tomate a principal hortícolas produzidas. Os estados aqui citados, concentram mais da metade da área de produção nacional e é onde se encontram as principais indústrias processadoras dele. As boas condições de clima e solo nestes estados, são os principais fatores da concentração de cultivo (CONAB, 2019).

De acordo com Peixoto et al. (2017), o tomate é uma planta arbustiva, perene e de ciclo anual, suas raízes podem chegar à 60 cm de profundidade. Seu porte é herbáceo e o crescimento pode ser determinado: o qual sua haste termina com uma gema reprodutiva; e/ou indeterminado: terminando com gema vegetativa. As folhas são compostas por cinco folíolos e bordas serradas. A floração é na forma de cachos simples ou ramificados e frutos são do tipo baga. O clima ideal deve ser fresco, a temperatura ótima para sua germinação está entre 15 e 25°C, contudo, para o desenvolvimento e produção a cultura suporta ampla variação de temperatura (10 a 34°C). O tipo de solo ideal para o desenvolvimento são solos franco-arenosos que são bem drenados e permitem maior formação de raízes (EMBRAPA, [s.d.]).

Por ser uma cultura exigente, o seu cultivo protegido é importante para o aumento do rendimento da produção. O ambiente protegido, age como uma barreira física contra o ataque de pragas e protege as plantas da precipitação (BAZGAOU et al., 2018).

O tomate é composto de cerca de 94% de água, torna-se um dos fatores responsáveis para que esta cultura seja uma das hortaliças mais exigentes em água. Assim, a irrigação junto ao manejo adequado é uma excelente tecnologia que influencia na produção, tanto a nível de qualidade e produtividade, quanto na redução de anomalias fisiológicas (VIEIRA et al., 2016). Pensando nisso, para promover o aumento e a retenção da umidade do solo, a cobertura morta se torna uma alternativa na redução do escoamento superficial da água. As coberturas podem ser de várias formas: mulching, casca de arroz, palha e até mesmo raspa de madeira, como serragem (MENDONÇA et al., 2019).

Tendo em vista a intenção de racionalizar a utilização da água e a importância da irrigação para a cultura, tem-se o hidrogel, uma solução plausível (MAIA et al., 2017). Este polímero é capaz de absorver centenas de vezes o seu peso em água e liberá-lo aos poucos no solo para a planta, reduzindo assim a frequência de irrigação (MENDONÇA et al., 2015).

Assim, este trabalho teve como objetivo verificar o crescimento e desenvolvimento do tomateiro em solo com o uso de cinco doses de polímero de hidrogel, com e sem palha na superfície do solo.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização do experimento**

O experimento foi realizado sob cobertura plástica translúcida na área experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Unidade Frutal. O clima da região é definido como Aw segundo a classificação Köppen-Geiger, tropical com a estação seca e fria ocorrendo no inverno, e o verão apresenta a estação com maiores índices pluviométricos (DUBREUIL et al., 2018), apresentando temperatura e precipitação média anual de 23,8°C e 1626,9 mm, respectivamente.

Os vasos de plantio utilizados foram de 14 litros, onde receberam Latossolo de barranco. E este solo foi encaminhado para análise química de rotina ao laboratório de análises agrícolas da empresa Agro Frutal. Com os resultados foram realizadas, conforme recomendação de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999) a adubação e correção de acidez do solo para a cultura do tomate, onde foi aplicado 9 g por vaso de 4-14-8 (NPK) na semeadura e na cobertura 6 g por vaso de ureia (N) após 30 dias. Análise de granulometria foi realizada no laboratório de solos da UEMG – Unidade Frutal, seguindo método da EMBRAPA (TEIXEIRA et al., 2017).

### **2.2 Cultivo da cultura do tomate**

A semeadura do tomate foi realizada no dia 17 de setembro de 2021, em estrutura coberta tipo túnel, com lona translúcida na parte superior (Figura 1B) para evitar interferência por precipitação. Foi colocado cinco sementes por vaso, sendo realizados 14 dias após o desbaste, conduzindo somente uma planta por vaso. A cultivar utilizada foi o Santa Adélia da Topseed®, que apresenta hábito de crescimento

determinado.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x2, com quatro repetições, sendo os tratamentos feitos a partir da combinação: cinco doses do hidrogel (0; 0,5; 1; 2; 4 g), sendo zero o controle, e dois tipos de cobertura do solo (com e sem palha).

O hidrogel (AGROGEL®) foi administrado em forma de pó diluído em suas respectivas doses experimentais para 1L de água. No momento do plantio, foi adicionado a 10 cm de profundidade, 300 mL de cada diluição (0; 0,5; 1; 2; 4 g L<sup>-1</sup>) do hidrogel por vaso (Figura 1A).

Considerado os vasos com cobertura vegetal, foi colocada em toda superfície do solo, 2 cm da palha de braquiária. A palha de braquiária foi oriunda de feno utilizado para carga de abacaxi.

Em seguida, os vasos foram molhados a cada 24 horas utilizando uma proveta, onde foi ministrado o volume de 75 mL de água por vaso, sendo  $\frac{1}{4}$  da dose recomendada pelo fabricante do hidrogel para solos com textura predominantemente arenosa, para que assim pudesse avaliar em condição próxima a capacidade de campo do solo.

Os vasos foram desinstalados aos 60 dias após a semeadura (metade de seu ciclo), apresentando uma média de temperatura durante o período em que estiveram em estufa de 31,3°C onde foram avaliadas as seguintes variáveis: Altura de planta: medição da altura das plantas a partir do solo até a curvatura da última folha com uma régua graduada em cm; Diâmetro do caule: medição a dois cm do solo com um paquímetro digital; Volume de raiz: a raiz foi cuidadosamente lavada em superfície de leve inclinação, colocada em uma proveta graduada de 500 mL e raio conhecido, com água até a marcação limite, onde a diferença da leitura do menisco foi realizada com o uso de uma régua graduada (Figura 1C); Comprimento da raiz: medição do comprimento com uma régua graduada; Número de folhas: contagem de todas as folhas da planta; Massa fresca da parte aérea e massa fresca da raiz: após ser retirada do vaso, a parte aérea e raiz foram separadas e mensurada suas massas; Massa seca da parte aérea e massa seca da raiz: foram colocadas em estufa de circulação de ar forçada, por 72h a 60°C (Figura 1D), até atingir massa seca constante;

Para área foliar, foi realizada pelo método dos discos (BENINCASA, 2003), onde, com furador cilíndrico de área interna conhecida, foram cortadas as folhas e os discos encaminhados para estufa de circulação de ar e secados até atingir o peso

constante e depois utilizados juntamente com a massa total das folhas para estimar a área foliar (AF), razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) pelas seguintes equações 1, 2 e 3, respectivamente:

$$AF = \frac{MSF * ATD}{MSD} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: AF = área foliar; MSD = massa seca dos discos; ATD = área total dos discos e MSF = a massa seca total das folhas amostradas.

$$RAF = \frac{AF}{MST} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: RAF = razão de área foliar; MST = massa seca total da planta; AF = área foliar.

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde: AFE = área foliar específica; MSF = massa seca das folhas; AF = área foliar.



**Figura 1** – Aplicação de hidrogel (A); cobertura em lona translúcida (B); medição de volume de raiz (C) e estufa de circulação forçada a 60°C (D).

### 2.3 Análise estatística

Os resultados obtidos dos atributos avaliados foram submetidos ao teste de normalidade pelo método de Shapiro Wilk, em seguida foi feita análise de variância (ANOVA) e aplicado teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado a textura do solo de acordo com triângulo textural, um solo com textura franco-argiloso arenosa de classificação Latossolo Vermelho distrófico típico (SANTOS et al., 2018) e sua granulometria em percentual de areia, silte e argila como na Tabela 1. Para este solo, conforme os dados de saturação, verificou a capacidade de campo de 37,44% (TEIXEIRA et al., 2017).

**Tabela 1** – Classe textural, classificação e percentual granulométrico do solo utilizado para o experimento.

Classe textural	Classificação	Granulometria (%)		
		Areia	Silte	Argila
Franco-argiloso arenosa	Latossolo Vermelho distrófico típico	70,20	9,11	20,68

Ao analisar a temperatura sob a cobertura plástica, verificou-se que entre o período de 60 dias de cultivo do tomateiro, a temperatura média foi de 31,3°C, sendo elevada em relação a temperatura recomendada para a cultura que está entre 21 e 24°C de acordo com Peixoto et al. (2017). Assim, o crescimento e desenvolvimento da cultura pode ter sofrido interferência, prejudicando a cultura e tornando suscetível a doenças por estar em condições adversas.

A espécie escolhida para o plantio foi a Santa Adélia, que de acordo Agristar (2022), é uma espécie propícia a clima quente, apresentando melhor IVG (Índice de Velocidade de Germinação) com temperaturas entre 25°C e 30°C em pesquisa realizada por Andrade, Fontenele e Góes (2019). Contudo durante o desenvolvimento da cultura foi identificado o aparecimento de Mosca-minadora (*Liriomyz* sp.) onde utilizou-se o método de controle natural (mistura de sabão de coco, álcool e óleo vegetal), na qual tentou-se minimizar o ataque para evitar maiores danos.

Observando as variáveis avaliadas na Tabela 2, para o comprimento de raiz (CR), notou-se diferença significativa quando aplicada palha em cobertura do solo (CP) e utilizada as doses de 0,5 e 4 g de hidrogel por vaso, o que nos mostra que ao aplicar em menor quantidade o hidrogel, 0,5 g é a mais viável já que a quantidade por ser menor, os valores gastos também são, sendo o suficiente para o bom desenvolvimento radicular da planta, contudo, Hafle et al. (2008), estudando produção de mudas do maracujazeiro-doce em doses de hidrogel, verificaram que maiores concentrações diminuiu a formação de raízes, e que isto se deve ao excesso de água no solo, podendo interferir negativamente no enraizamento e desenvolvimento das mudas.

O cultivo do tomate com o uso de hidrogel, com e sem cobertura no solo, não

afetou significativamente a variável altura de planta (AP) (Tabela 2). Contudo, observou-se maior altura de planta (AP) em uso de cobertura (CP) e 0,5 g de hidrogel.

Para cada vaso foi aplicada diariamente  $\frac{1}{4}$  (75 mL) da quantidade água recomendada para mudas de arbustivas, sendo 2 g de hidrogel hidratado por vaso (300 mL), logo não se verificou estresse hídrico ao receberem molhamento diário abaixo do indicado. Santos e colaboradores (2017), reforçam que o diâmetro do caule (DC) é uma variável pouco sensível ao estresse hídrico, fato este verificado, ao não obtermos resultados significativos nas diferentes doses e coberturas do solo para essa variável (Tab. 2). No entanto, maiores valores observam-se nas doses de 0,5 g e 0 g, com e sem palha, respectivamente.

Para o volume de raiz (VR) observou-se diferenças significativas entre as doses nas coberturas e entre as coberturas. Nas doses 0 e 0,5 g observa-se maiores valores significativos para os dois tipos de cobertura. Entre as coberturas maior volume de raiz (VR) verifica-se em solo sem palha (SP) sem a utilização de hidrogel e na dose 2 g de hidrogel.

**Tabela 2** – Análise do comprimento da raiz (CR), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e volume da raiz (VR) da cultura do tomate cultivado em solo em diferentes doses de hidrogel, com palha (CP) e sem palha (SP).

Doses de hidrogel (g)	CR <sup>1</sup> (cm)		AP <sup>1</sup> (cm)		DC <sup>1</sup> (mm)		VR <sup>1</sup> (mm <sup>3</sup> )	
	cobertura do solo .....							
	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP
0	31,53 aA	30,53 aA	40,93	43,23	6,38	7,38	4,44abB	7,37aA
0,5	34,18 aA	22,43 aB	47,90	41,75	6,85	6,03	5,77aA	5,42abA
1	25,13 aA	27,15 aA	43,70	39,30	6,53	5,73	2,02cA	2,78cA
2	32,33 aA	36,75 aA	39,75	43,83	6,03	6,35	2,36bcB	4,45bcA
4	40,88 aA	27,38 aB	41,50	37,18	6,05	6,35	3,06bcA	3,55bcA
CV%	24,85		19,08		17,69		27,94	
Fontes de variação				Fc				
Dose	1,81 <sup>ns</sup>		0,61 <sup>ns</sup>		0,60 <sup>ns</sup>		0,001 <sup>**</sup>	
Cobertura	2,67 <sup>*</sup>		0,44 <sup>ns</sup>		0,01 <sup>ns</sup>		0,003 <sup>**</sup>	
DoseXCobertura	2,27 <sup>ns</sup>		0,90 <sup>ns</sup>		0,93 <sup>ns</sup>		0,059 <sup>ns</sup>	

<sup>1</sup>Médias comparadas com letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. \* significativo a 5% de probabilidade. ns – não significativo.

As doses de hidrogel e suas coberturas para as variáveis massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca total (MFT) analisadas (Tabela 3), trouxeram resultados significativos.

Para a massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR) e massa fresca total (MFT) sem cobertura (SP) e sem adição do polímero, o tomate indicou melhores resultados, o que se diferem de resultados encontrados por Pinto et al. (2017) onde ao usar 2 g de hidrogel teve-se melhor desenvolvimento da parte aérea das mudas

de tomate cereja dentro de diferentes regimes hídrico. No entanto, concluiu que o uso do polímero, pode auxiliar o desenvolvimento das mudas de tomate cereja, quando elas foram submetidas a períodos curtos de estresse hídrico.

**Tabela 3** - Análise da massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca total (MFT) da cultura do tomate cultivado em solo em diferentes doses de hidrogel, com palha (CP) e sem palha (SP).

Doses de hidrogel (g)	MFPA <sup>1</sup> (g)		MFR <sup>1</sup> (g)		MFT <sup>1</sup> (g)	
	.....cobertura do solo.....					
	CP	SP	CP	SP	CP	SP
0	18,55bcB	35,31aA	4,59abB	7,82aA	23,77bB	43,13aA
0,5	32,01aA	20,44cB	6,81aA	5,51abA	40,03aA	25,94bcB
1	22,91bA	14,68dB	3,22bA	2,89cA	27,38bA	21,74cA
2	17,33cB	28,22bA	3,29bB	5,49abA	20,70bB	33,89bA
4	22,47bA	17,59cdB	3,76bA	5,35bA	26,23bA	21,92cA
CV%	9,57		23,93		14,47	
Fontes de variação			Fc			
Dose	0,001**		0,001**		0,001**	
Cobertura	0,399 <sup>ns</sup>		0,007**		0,203 <sup>ns</sup>	
DoseXCobertura	0,001**		0,004**		0,001**	

<sup>1</sup>Médias comparadas com letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. ns – não significativo.

As doses de hidrogel e as coberturas para as variáveis massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) analisadas (Tabela 4), trouxeram resultados significativos.

Para massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca total (MST) e massa seca de raiz (MSR), solo com cobertura e 0,5 g de hidrogel, e 0 g sem cobertura, observa-se maiores valores significativos.

**Tabela 4** - Análise da massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) da cultura do tomate cultivado em solo em diferentes doses de hidrogel, com palha (CP) e sem palha (SP).

Doses de hidrogel (g)	MSPA <sup>1</sup> (g)		MSR <sup>1</sup> (g)		MST <sup>1</sup> (g)	
	.....cobertura do solo.....					
	CP	SP	CP	SP	CP	SP
0	4,36bB	5,66aA	0,76bB	1,47aA	5,11bB	7,12aA
0,5	7,43aA	4,53bB	1,46aA	0,97bcB	9,06aA	5,50cB
1	4,05bcA	3,21dB	0,67bA	0,61dA	4,65cA	3,82eB
2	4,24bcB	5,55aA	0,79bB	1,27abA	5,07bB	6,82bA
4	3,99cA	4,91cA	0,80bA	0,94cA	4,78cA	4,84dA
CV%	3,30		15,15		2,02	
Fontes de variação			Fc			
Dose	0,001**		0,001**		0,001**	
Cobertura	0,001**		0,003**		0,004**	
DoseXCobertura	0,001**		0,001**		0,001**	

<sup>1</sup>Médias comparadas com letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. ns – não significativo.

Pinto et al. (2017), observou em sua pesquisa que para a variável massa seca das mudas de tomate cereja, independente da taxa variada de irrigação, a dose equivalente a 2 g de hidrogel misturada ao substrato, promoveu ganhos significativos de tamanho e massa nas mudas avaliadas, discordando dos resultados, onde quanto menor a dose adicionada de hidrogel ao solo de plantio melhores foram os resultados encontrados.

As doses de hidrogel e a presença ou não de cobertura para as variáveis número de folhas (NF), área foliar (AF) e área foliar específica (AFE), não trouxeram resultados significativos, no entanto a variável razão de área foliar (RAF) com cobertura (CP), trouxe resultados significativos sem o uso do hidrogel (Tabela 5).

Em seu estudo, Santos et al. (2015) observou que as maiores médias para a variável número de folhas para a alface, foram obtidas na ausência de hidrogel. Fato este não observado nos resultados deste trabalho, onde com a dose de 2 g sem palha o número de folhas foi mais expressivo.

A variável razão de área foliar (RAF) com cobertura (CP) (Tabela 5), trouxe resultados significativos sem o uso do hidrogel. Lopes et al. (2011) afirma que, analisar a RAF nos permite detectar a translocação e presença de assimilados para as folhas em relação a matéria seca da planta toda. Progressivamente o seu decréscimo indica que a quantidade de assimilados destinados às folhas é diminuída, em função do desenvolvimento das estruturas de sustentação e reprodutivas em detrimento do investimento em área foliar pois, quanto menor a razão de área foliar, melhor o desempenho da cultura, indicando que o uso de cobertura no solo (CP) se faz ideal para o bom desenvolvimento.

**Tabela 5** - Análise do número de folhas (NF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) da cultura do tomate cultivado em solo em diferentes doses de hidrogel, com palha (CP) e sem palha (SP).

Doses de hidrogel (g)	NF <sup>1</sup> (un)		AF <sup>1</sup> (cm <sup>2</sup> )		AFE <sup>1</sup> (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )		RAF <sup>1</sup> (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	
	..... cobertura do solo .....							
	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP
0	37,00cB	56,50aA	69,87cB	136,69aA	39,08	44,27	14,59aB	19,30aA
0,5	57,15aA	43,65bB	124,93aA	80,91cB	42,03	40,29	14,48aA	16,67aA
1	46,50bcA	41,00bA	82,51bcA	70,47cB	43,78	42,56	17,90aA	19,04aA
2	51,00abA	56,40aA	91,38bB	104,74bA	42,85	40,21	17,31aA	16,39aA
4	57,65aA	47,40abB	79,39bcA	77,16cA	46,49	40,68	17,11aA	16,48aA
CV%	9,64		8,80		13,61		15,44	
Fontes de variação				Fc				
Dose	0,001**		0,001**		0,28 <sup>ns</sup>		1,24 <sup>ns</sup>	
Cobertura	0,568 <sup>ns</sup>		0,097 <sup>ns</sup>		0,47 <sup>ns</sup>		2,47*	
DoseXCobertura	0,001**		0,001**		0,98 <sup>ns</sup>		1,55 <sup>ns</sup>	

<sup>1</sup>Médias comparadas com letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. \* significativo a 5% de probabilidade. ns – não significativo.

## 4 CONCLUSÃO

A utilização da palha em cobertura com a aplicação de 0,5 g de hidrogel, influenciou positivamente no crescimento e desenvolvimento da cultura do tomate.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. G. M.; FONTENELE, R. M.; GÓES, G. B. Influência da temperatura sobre o índice de velocidade de germinação de diferentes cultivares de tomate e alface. *In: SILVA-MATOS, R. R. S.; ANDRADE, H. A. F.; MACHADO, N. A. F (org.). A Face Multidisciplinar das Ciências Agrárias 3*. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. p. 152-155.

**AGRISTAR**. SEMENTE TOMATE SANTA ADÉLIA 2022. Disponível em: <https://agristar.com.br/topseed-garden/tradicional-hortalicas/tomate-santa-adelia/552097>. Acesso em: 10 jul. 2022.

BAZGAOU, A.; FATNASSI, H.; BOUHROUD, R.; GOURDO, L.; EZZAERI, K.; TISKATINE, R.; DEMRATI, H.; WIFAYA, A.; BEKKAOUI, A.; AHAROUNE, A.; BOUIRDEN, L. An experimental study on the effect of a rock-bed heating system on the microclimate and the crop development under canarian greenhouse. **Solar Energy**, v. 176, p. 42-50, 2018.

BENINCASA, M.M.P; **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP. 2003. 41p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense**. Compêndio de estudos Conab, v.21, p. 1-22, 2019.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de köppen de 1961 a 2015. **Confins**, [S. l.], n. 37, p. 1-20, 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária **A Cultura do Tomate**. Brasília, s/d. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/hortalicas/tomate-de-mesa/caracteristicas>. Acesso em: 7 maio 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

HAFLE, O. M.; CRUZ, M. C. M.; RAMOS, J. D.; RAMOS, P. S.; SANTOS, V. A. Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaquia utilizando polímero hidrorretentor. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 3, p. 232-236, 2008.

LOPES, W. D. A.; NEGREIROS, M. Z. D.; DOMBROSKI, J. L. D.; RODRIGUES, G. S. D. O.; SOARES, A. M.; ARAÚJO, A. D. P. Análise do crescimento de tomate' SM-

16'cultivado sob diferentes coberturas de solo. **Horticultura brasileira**, v. 29, p. 554-561, 2011.

MAIA, A.; MAIA, A. F.; VIANNA, N.; BERGER, T.; SOARES, M.; AGUILA, J. S. MANEJO EM CASA DE VEGETAÇÃO DO PORTA-ENXERTO DE VIDEIRA SO4 COM POLÍMEROS HIDRORETENTORES. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 9, n. 2, p. 1-5, 2017.

MENDONÇA, T. G.; BERÇA, A. S.; SOUZA, C. F. Uso da água em tomateiro cultivado com cobertura morta em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 1, p. 3236-3246, 2019.

MENDONÇA, T. G.; QUERIDO, D. C. M.; SOUZA, C. F. Eficiência do polímero hidroabsorvente na manutenção da umidade do solo no cultivo de alface. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 4, p. 239-245, 2015.

PEIXOTO, J. V. M.; MORAES, E. R.; PEIXOTO, J. L. M.; NASCIMENTO, A. R.; NEVES, J. G. Tomaticultura: Aspectos morfológicos e propriedades físico-químicas do fruto. **Revista Científica Rural**, v. 19, n. 1, p. 96-117, 2017.

PINTO, L. E. V.; MARIA, A. C. G.; MARTINS, F. B.; PRADELA, V. A. Produção de mudas de tomate cereja com uso de polímero e diferentes regimes de reposição hídrica. In: **Colloquium Agrariae**, v. 13, n. especial, p. 143-149, 2017.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, A.; COSTA, A.; SILVA, P.; MELO, M. C.; ARAÚJO, H. Influência de lâminas de irrigação e fontes de nitrogênio no crescimento vegetativo do tomate cereja cultivado em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, 2017.

SANTOS, H. T. D.; CARVALHO, D. F. D.; SOUZA, C. F.; MEDICI, L. O. Cultivo de alface em solos com hidrogel utilizando irrigação automatizada. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 852-862, 2015.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F. Saturação por bases e doses de P no crescimento e nutrição de mudas de cerejeira (*Amburana Acreana* Ducke). **Nativa**, Sinop, v. 03, n. 01, p. 01-09, 2016.

## **CAPÍTULO 5 – AVALIAÇÃO DA CULTURA DA SOJA EM TRATAMENTOS DE SEMENTE QUÍMICOS E BIOLÓGICO, COM E SEM HIDROGEL**

### **RESUMO**

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma cultura de grande importância para o agronegócio brasileiro, apresentando grande produtividade nacional e internacionalmente. Essa leguminosa permite a redução de  $N_2$  a  $NH_3$ , processo de fixação biológica de nitrogênio realizado por bactérias diazotróficas do gênero *Bradyrhizobium*, podendo reduzir o custo de aplicação de fertilizantes nitrogenados. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja em relação as fontes de nitrogênio usadas, com e sem hidrogel. O experimento foi realizado em dois locais, inicialmente no laboratório de sementes, onde foi feita a inoculação/tratamento das sementes e a semeadura da soja RR (CZ 37B43 IPRO) em vasos de oito litros onde foi executado o plantio na área experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal-MG, localizada geograficamente com Latitude: 20°04'44", Longitude: 48°55'19" e altitude de 460 m. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, com cinco repetições, sendo quatro tratamentos: T1 (adubação química de NPK), T2 (tratamento químico de semente, inoculante e adubação de PK), T3 (inoculante e adubação de PK) e T4 (tratamento químico de semente, inoculante, micronutrientes e adubação de PK), e dois tipos de aplicações no solo: com e sem hidrogel. Ao final do experimento, conclui-se que a aplicação do hidrogel nos tratamentos 2 e 4, aumentou a massa fresca de raiz (MFR) e massa fresca total (MFT) respectivamente. Assim, como a massa fresca do rhizobium (MFRZ), no tratamento 4.

**Palavras-chave:** *Bradyrhizobium japonicum*. Bactéria Nitrificante. Níquel. Molibdênio.

## EVALUATION OF SOYBEAN CULTURE IN CHEMICAL AND BIOLOGICAL SEED TREATMENTS, WITH AND WITHOUT HYDROGEL

### ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is a crop of great importance for Brazilian agribusiness, with high productivity nationally and internationally. This legume allows the reduction of N<sub>2</sub> to NH<sub>3</sub>, a process of biological nitrogen fixation carried out by diazotrophic bacteria of the genus *Bradyrhizobium*, which can reduce the cost of applying nitrogen fertilizers. This work aimed to evaluate the growth and development of the soybean crop in relation to the nitrogen sources used, with and without hydrogel. The experiment was carried out in two places, initially in the seed laboratory, where the inoculation/treatment of the seeds and the sowing of RR soybean (CZ 37B43 IPRO) were carried out in eight-liter pots where the planting was carried out in the experimental area of the University of State of Minas Gerais, Frutal-MG Unit, geographically located with Latitude: 20°04'44", Longitude: 48°55'19" and altitude of 460 m. The experimental design used was completely randomized, in a 4x2 factorial scheme, with five replications, with four treatments: T1 (chemical NPK fertilization), T2 (chemical seed treatment, inoculant and PK fertilization), T3 (inoculum and PK fertilization). ) and T4 (chemical seed treatment, inoculant, micronutrients and PK fertilization), and two types of soil applications: with and without hydrogel. At the end of the experiment, it was concluded that the application of the hydrogel in treatments 2 and 4 increased root fresh mass (MFR) and total fresh mass (MFT) respectively. Thus, as the rhizobium fresh mass (MFRZ), in treatment 4.

**Keywords:** *Bradyrhizobium japonicum*. Nitrifying Bacteria. Nickel. Molybdenum.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de soja destaca-se entre as atividades econômicas que mais se sobressaiu nas últimas décadas, podendo ser atribuído a diversos fatores como: consolidação da oleaginosa como importante fonte de proteína vegetal, especial para atender aos setores ligados a produtos de origem animal, mercado internacional relacionado com comercialização dos produtos agroindustriais, geração de tecnologias que viabilizam o crescimento da área explorada pela cultura para diversas regiões do mundo (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

De acordo levantamentos, para a safra 2020/21, o Brasil ocupou o posto de maior produtor mundial e o estado brasileiro maior produtor foi Mato Grosso com uma produtividade de 3,49 t.ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2022). Para aumentar cada vez mais a produtividade, tem-se buscado tecnologias em processo de produção e melhoramento de grãos. Com isso surgem métodos inovadores de tratamentos de sementes e sementes melhoradas.

A comercialização de sementes de soja com inoculação antecipada por bactérias do gênero *Bradyrhizobium* tem sido comum, além da adição do inoculante, outros produtos estão sendo empregados no tratamento das sementes. Comparada ao inoculante tradicional, os novos produtos possuem protetores celulares ou outro veículo que proporcione maior ou menor sobrevivência da bactéria. Com isso, as recomendações do fabricante, o intervalo máximo entre a inoculação até a semeadura deve ser considerado, para assim garantir a quantidade mínima necessária de bactérias viáveis nas sementes (SEIXAS et al., 2020).

Para pré-inoculação a compatibilidade com os produtos químicos utilizados no tratamento de sementes e para a quantidade de dias de armazenamento devem ser analisados, mas não menos importante, deve-se observar se o inoculante tem registro no MAPA. Além disso, estar atento ao clima da região do momento de plantio até a colheita e fazer a escolha certa da cultivar a ser plantada é de extrema importância para um bom rendimento da cultura.

Sabendo-se que as condições climáticas influenciam diretamente no desenvolvimento da soja, tornando um fator limitante para a boa produtividade da cultura, a tecnologia do hidrogel vem como uma alternativa para sistemas produtivos eficazes, evitando a perda da cultura por estresse hídrico. A relação do déficit de água com o desenvolvimento da soja é notada na lavoura com presença de plantas de porte

baixo, caule com diâmetro pequeno, folhas murchas e pequenas, taxa de crescimento e da área foliar reduzidas, atividade fotossintética menor e impactos na fixação de nitrogênio no solo que é tão importante para a soja (SOUZA et al., 2020).

O hidrogel é um composto em forma de pó branco que após ser hidratado com água, forma um gel com aspecto transparente e gelatinoso de 100 a 400 vezes o seu tamanho (MAIA et al., 2017). O uso deste polímero como condicionador de solo, contribui para aumentar a capacidade de retenção de água, reduzir a frequência de irrigação em áreas irrigadas, melhorar a aeração e drenagem do solo, e acelerar o desenvolvimento radicular e aéreo da planta (AOUADA, 2009). Com tudo isso, podemos também considerar seu uso para regiões de pouca precipitação a fim de evitar o baixo rendimento agrícola.

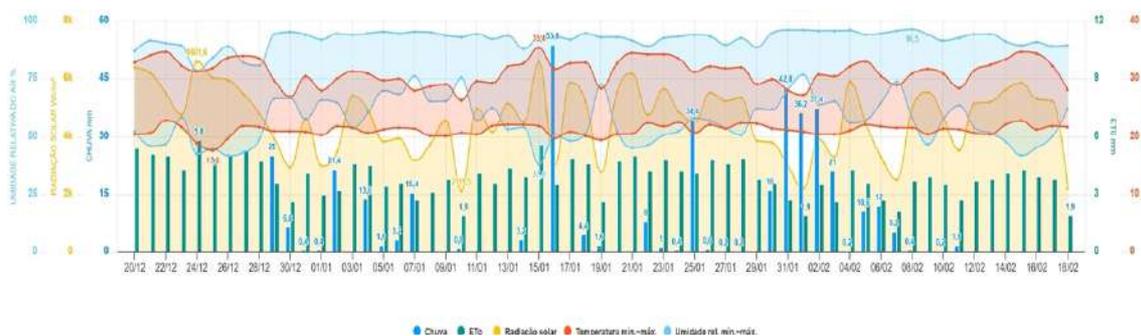
O presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja em função das fontes de nitrogênio, com e sem o uso de hidrogel.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização do experimento**

O experimento foi realizado em dois locais, inicialmente no laboratório de sementes, onde foi feita a inoculação/tratamento das sementes e a semeadura da soja RR (CZ 37B43 IPRO) em vasos de oito litros onde foi executado o plantio na área experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal-MG, localizada geograficamente com Latitude: 20°04'44", Longitude: 48°55'19" e altitude de 460 m. O solo utilizado foi classificado Latossolo Vermelho distrófico, segundo Santos et al. (2018).

O clima da região é do tipo Cwa, segundo classificação de Köppen (faltou a citação), com chuvas de verão predominantes e inverno relativamente seco. Durante a execução do experimento (22/12/21 a 19/02/22), com precipitação total de 415,4 mm (Figura 1).



**Figura 1** – Precipitação média, evapotranspiração, radiação solar, temperatura mínima e máxima, umidade relativa do ar mínima e máxima entre os dias 22/12/2021 e 19/02/2022. Fonte: Usina Cerradão. Frutal – MG.

## 2.2 Cultivo da cultura da soja

O experimento foi realizado em ambiente aberto, onde a semeadura da soja foi feita 22 de dezembro de 2021, com cinco sementes por vaso, sendo realizado o desbaste 14 dias após a semeadura, assim foi conduzido uma planta por vaso. A cultivar utilizada foi a soja RR (CZ 37B43 IPRO).

Os produtos utilizados para o tratamento de sementes do laboratório de manejo de plantas daninhas foram separados em três coquetéis sendo:

**C1:** Fipronil® - Fipronil CCAB; Sombbrero® - Imidaclopride; Protreat® - Carbendazin+Tiram; Polímero Vermelho LabFix G5®; Pó secante LabSec SuperFluid Graf® e inoculante de *Bradyrhizobium japonicum* (Kit Rizokop® - Gel+Inoculante líquido+Turfa).

**C2:** Fipronil® - Fipronil CCAB; Sombbrero® - Imidaclopride; Protreat® - Carbendazin+Tiram; Genizys® - Molibdênio, Níquel e Aminoácidos; Polímero Vermelho LabFix G5®; Pó secante LabSec SuperFluid Graf® e inoculante de *Bradyrhizobium japonicum* (Kit Rizokop® - Gel+Inoculante líquido+Turfa).

**C3:** inoculante de *Bradyrhizobium japonicum* (Kit Rizokop® - Gel+Inoculante líquido+Turfa).

Os tratamentos foram:

- T1 - Adubação química (NPK);
- T2 – Coquetel C1 + Adubação química (PK);
- T3 – Coquetel C3 + Adubação química (PK);
- T4 – Coquetel C2 + Adubação química (PK).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, com cinco repetições, sendo quatro tratamentos: T1, T2, T3 e T4, e dois tipos de aplicações no solo: com e sem hidrogel.

O hidrogel (AGROGEL®) foi administrado em forma de pó diluído na dose recomendada pelo fabricante de 3 gramas L<sup>-1</sup>. Foram adicionados 300 mL da diluição por vaso, em seguida conforme necessidade, os vasos foram molhados a cada 24h.

Aos 60 dias após a semeadura os vasos foram desinstalados (Estádio fenológico V10) e as plantas foram destruídas, onde foram analisadas as seguintes variáveis: Altura de planta: medição da altura das plantas a partir do solo até a curvatura da última folha com uma régua graduada em cm; Diâmetro do caule: medição a dois cm do solo com um paquímetro digital; Comprimento da raiz: medição do comprimento com uma régua graduada; Volume de raiz: a raiz foi colocada em uma proveta graduada de 500 mL e raio conhecido, com água até a marcação limite, onde a diferença da leitura do menisco foi realizada com o uso de uma régua graduada; Massa fresca da parte aérea e massa fresca da raiz: após ser retirada do vaso, a parte aérea e raiz foram separadas e mensurada suas massas; Contagem dos nódulos: arranquio e contagem dos nódulos ativos formados na raiz da planta; Massa fresca dos nódulos: pesagem da massa fresca dos nódulos retirados da raiz; Massa seca dos nódulos: secagem em estufa a 60°C dos nódulos retirados da raiz, até atingir seu peso constante; Massa seca da parte aérea e massa seca da raiz: foram colocadas em estufa de circulação de ar forçada, a 60°C, até atingir peso constante; Número de folhas: contagem de todas as folhas da planta; Área foliar, foi realizada pelo método dos discos (Benincasa, 2003), onde, com furador cilíndrico de área interna conhecida, foram cortadas as folhas e os discos encaminhados para estufa de circulação de ar e secados até atingir o peso constante e depois utilizados juntamente com a massa total das folhas para estimar a área foliar (AF), razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) pelas seguintes equações 1, 2 e 3, respectivamente:

$$AF = \frac{MSF * ATD}{MSD} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: AF = área foliar; MSD = massa seca dos discos; ATD = área total dos discos e MSF = a massa seca total das folhas amostradas.

$$RAF = \frac{AF}{MST} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: RAF = razão de área foliar; MST = massa seca total da planta; AF = área foliar.

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde: AFE = área foliar específica; MSF = massa seca das folhas; AF = área foliar.

### 2.3 Análise estatística

Os resultados obtidos dos atributos avaliados foram submetidos ao teste de normalidade pelo método de Shapiro Wilk, em seguida foi feita análise de variância (ANOVA) e aplicado teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis analisadas (Tabela 1), não foram verificados resultados significativos na utilização de hidrogel nos diferentes tratamentos. Pode-se observar, no entanto, que para as variáveis comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC) e volume de raiz (VR), o uso de hidrogel (CH) apresentou melhores resultados para a cultura no T2 (TS + *Bradyrhizobium japonicum* + PK). De acordo com Lopes (2004), o desenvolvimento de qualquer parte da planta está comprovadamente relacionado à disponibilidade de água e nutrientes.

**Tabela 1** – Análise do comprimento da raiz (CR), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e volume da raiz (VR) da cultura da soja cultivado em diferentes tratamentos, com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH).

Tratamento	CR <sup>1</sup> (cm)		AP <sup>1</sup> (cm)		DC <sup>1</sup> (mm)		VR <sup>1</sup> (mm <sup>3</sup> )	
	..... Aplicação (3 g) .....							
	CH	SH	CH	SH	CH	SH	CH	SH
T1	62,30	64,34	42,44	48,94	5,37	6,41	13,81	11,74
T2	80,80	72,55	47,90	39,96	7,65	5,97	18,69	13,00
T3	61,40	69,60	42,24	44,52	6,27	5,79	13,81	10,97
T4	64,36	60,06	46,76	41,64	7,03	6,20	12,47	11,58
CV%	26,15		18,42		22,12		37,92	
Fontes de variação					Fc			
Tratamento	1,44 <sup>ns</sup>		0,15 <sup>ns</sup>		1,01 <sup>ns</sup>		1,21 <sup>ns</sup>	
Aplicação	0,01 <sup>ns</sup>		0,17 <sup>ns</sup>		1,22 <sup>ns</sup>		3,27 <sup>ns</sup>	
TratXAplicação	0,43 <sup>ns</sup>		1,65 <sup>ns</sup>		1,65 <sup>ns</sup>		0,41 <sup>ns</sup>	

<sup>1</sup>Médias comparadas com letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. ns – não significativo.

O uso do hidrogel associado aos TS na da massa fresca de parte aérea (MFPA) não trouxe resultados significativos. No entanto, para a massa fresca de raiz (MFR), o

T2 (TS + *Bradyrhizobium japonicum* + PK) teve melhor desempenho com a utilização do polímero (CH) e para a massa fresca total (MFT), o T4 (TS + *Bradyrhizobium japonicum* + micronutrientes + PK) teve melhor desempenho com a utilização do hidrogel (Tabela 2).

Estudando doses de hidrogel em diferentes tipos de solo e espécies cultivadas, Fernandes (2016) concluiu que o uso de hidrogel proporcionou melhor desenvolvimento das plantas de feijão-caupi e girassol, aumentando a massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), assim como o diâmetro do caule (DC), tanto para latossolo quanto para argissolo. Ainda relata, que estas plantas resultaram em melhor qualidade no aproveitamento da água.

**Tabela 2** - Análise da massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca total (MFT) da cultura da soja cultivado em diferentes tratamentos, com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH).

Tratamento	MFPA <sup>1</sup> (g)		MFR <sup>1</sup> (g)		MFT <sup>1</sup> (g)	
	..... Aplicação (3 g) .....					
	CH	SH	CH	SH	CH	SH
T1	7,47	8,04	14,21aA	9,68aA	28,65aA	23,78aA
T2	11,95	8,31	17,63aA	10,82aB	38,35aA	26,29aA
T3	7,75	6,87	12,42aA	8,21aA	27,84aA	20,89aA
T4	11,78	8,12	17,04aA	11,70aA	38,43aA	25,27aB
CV%	37,25		40,46		33,21	
Fontes de variação			Fc			
Tratamento	1,99 <sup>ns</sup>		1,43 <sup>ns</sup>		1,76 <sup>ns</sup>	
Aplicação	3,38 <sup>ns</sup>		10,30*		9,45*	
TratXAplicação	1,03 <sup>ns</sup>		0,13 <sup>ns</sup>		0,44 <sup>ns</sup>	

<sup>1</sup>Médias comparadas com letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. \* significativo a 5% de probabilidade. ns – não significativo.

O uso de hidrogel associado ao TS não apresentou resultados significativos para as variáveis analisadas (Tabela 3). Porém nota-se que as plantas que cresceram com a utilização de hidrogel (CH) e a combinação 2 no TS apresentaram massa seca de parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) com resultados melhores e para o T4 (TS + *Bradyrhizobium japonicum* + micronutrientes + PK) a massa seca total (MST) também foi melhor com o seu uso. Em ambos os tratamentos, foram feitas a utilização dos coquetéis (C1 e C2, respectivamente).

Crispim (2019) observou resultados semelhantes para massa seca de parte aérea (MSPA) na cultura do feijão, no entanto, verificou que com a aplicação do hidrogel maior a massa seca de raiz (MSR).e no seu trabalho aconteceu o quê?

Resultados semelhantes a este trabalho, foram encontrados por Mamann et al. (2016) em estudos conduzidos com hidrogel + Nitrogênio na cultura do trigo,

demonstrando resultados que comprovam que, o hidrogel melhora a eficiência de absorção de nutrientes (MAMANN et al., 2016).

A maior dose de hidrogel proporcionou maior massa seca de raiz (MSR), provavelmente devido a maior disponibilidade de água e de nutrientes (NICOLETTI et al., 2014).

Marques e Bastos (2010) em estudo com doses de hidrogel em cultura de pimentão verificou que a massa seca apresentou diferenças significativas entre os tratamentos de doses de hidrogel.

**Tabela 3** - Análise da massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) da cultura da soja cultivado em diferentes tratamentos com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH).

Tratamento	MSPA <sup>1</sup> (g)		MSR <sup>1</sup> (g)		MST <sup>1</sup> (g)	
	CH	SH	CH	SH	CH	SH
T1	2,09	2,11	2,93	2,73	6,96	6,80
T2	3,13	2,24	4,18	2,93	9,53	7,30
T3	2,11	2,01	2,95	2,35	7,37	6,05
T4	3,12	2,27	4,14	3,43	9,86	7,63
CV%	45,39		37,50		37,85	
Fontes de variação			Fc			
Tratamento	1,07 <sup>ns</sup>		2,11 <sup>ns</sup>		1,28 <sup>ns</sup>	
Aplicação	1,76 <sup>ns</sup>		3,35 <sup>ns</sup>		2,61 <sup>ns</sup>	
TratXAplicação	0,49 <sup>ns</sup>		0,33 <sup>ns</sup>		0,28 <sup>ns</sup>	

<sup>1</sup>Médias comparadas com letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. ns – não significativo.

O uso do hidrogel nos diferentes tratamentos para as variáveis analisadas (Tabela 4), não foram verificados resultados significativos. Contudo, observa-se que o T4 (TS + *Bradyrhizobium japonicum* + micronutrientes + PK) respondeu positivamente ao uso de hidrogel (CH) para as variáveis número de folhas (NF), área foliar (AF) e área foliar específica (AFE).

O uso do hidrogel na interação entre os tratamentos e aplicação, para as variáveis número de rhizobium (NRZ) e massa seca do rhizobium (MSRZ), não teve diferença significativa, contudo para a massa fresca do rhizobium (MFRZ), diferiu significativamente no T4 (TS + *Bradyrhizobium japonicum* + micronutrientes + PK), onde com o uso do hidrogel obteve maior massa (Tabela 5). Silva (2012) avaliando a urease na nodulação de diferentes estirpes na cultura da soja, verificou que onde houve maior massa seca, maior atividade enzimática urease, independente da estirpe.

**Tabela 4** - Análise do número de folhas (NF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) da cultura da soja cultivado em diferentes tratamentos com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH).

Tratamento	NF <sup>1</sup> (un)		AF <sup>1</sup> (cm <sup>2</sup> )		AFE <sup>1</sup> (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )		RAF <sup>1</sup> (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )		
	..... Aplicação (3 g) .....								
	CH	SH	CH	SH	CH	SH	CH	SH	
T1	36,20	46,00	298,61	285,74	141,71	137,66	42,47	40,93	
T2	41,80	46,00	293,54	259,20	134,30	114,72	31,47	33,76	
T3	43,60	33,00	253,91	282,42	113,37	173,52	36,20	43,84	
T4	47,60	39,40	379,09	211,71	178,15	115,33	44,08	28,66	
CV%	21,88		64,85		58,23		61,07		
Fontes de variação				Fc					
Tratamento	0,80 <sup>ns</sup>		0,05 <sup>ns</sup>		0,15 <sup>ns</sup>		0,31 <sup>ns</sup>		
Aplicação	0,17 <sup>ns</sup>		0,64 <sup>ns</sup>		0,07 <sup>ns</sup>		0,06 <sup>ns</sup>		
TratXAplicação	2,88 <sup>ns</sup>		0,53 <sup>ns</sup>		1,00 <sup>ns</sup>		0,46 <sup>ns</sup>		

<sup>1</sup>Médias comparadas com letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. ns – não significativo.

Contudo, bactérias do gênero *Bradyrhizobium* são responsáveis pela formação dos nódulos nas raízes da cultura da soja e sua interação com hidrogel em todas as variáveis para o T4 (TS + *Bradyrhizobium japonicum* + micronutrientes + PK) foram a mais expressiva.

Estudo realizado por Souza et al. (2020) demonstrou que inoculação isolada de *Bradyrhizobium japonicum* ou combinada de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, estimulou o crescimento radicular das plantas, mantendo o crescimento e o acúmulo de matéria seca quando em situação de restrição hídrica, assim, diminuindo os efeitos adversos do estresse hídrico na cultura da soja.

**Tabela 5** - Análise do número de nódulos de rhizobium (NRZ), massa fresca do rhizobium (MFRZ) e massa seca do rhizobium (MSRZ) na cultura da soja cultivado em diferentes tratamentos com hidrogel (CH) e sem hidrogel (SH).

Tratamento	NRZ <sup>1</sup> (un)		MFRZ <sup>1</sup> (g)		MSRZ <sup>1</sup> (g)	
	..... Aplicação (3 g) .....					
	CH	SH	CH	SH	CH	SH
T1	93,20	90,60	1,34aA	1,30aA	0,33	0,36
T2	134,40	126,40	2,44aA	1,70aA	0,61	0,45
T3	101,80	108,40	1,96aA	1,60aA	0,48	0,41
T4	153,20	91,60	2,85aA	1,27aB	0,66	0,40
CV%	54,65		49,72		49,62	
Fontes de variação				Fc		
Tratamento	0,79 <sup>ns</sup>		1,54 <sup>ns</sup>		1,46 <sup>ns</sup>	
Aplicação	0,71 <sup>ns</sup>		5,75*		2,44 <sup>ns</sup>	
TratXAplicação	0,63 <sup>ns</sup>		1,38 <sup>ns</sup>		0,75 <sup>ns</sup>	

<sup>1</sup>Médias comparadas com letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. \* significativo a 5% de probabilidade. ns – não significativo.

Em sua pesquisa, Santos e colaboradores (2021) puderam concluir que a utilização de *Azospirillum brasilense* e de hidrogel, sendo individualmente ou combinados, intervíram significativamente o rendimento de grãos e altura das plantas de milho na região de Tangará da Serra – MT, apresentando de tal forma que o uso do produto pode ser uma escolha viável para a produção da região.

#### 4 CONCLUSÃO

A aplicação do hidrogel no T2 (TS + *Bradyrhizobium japonicum* + PK) e T4 (TS + *Bradyrhizobium japonicum* + micronutrientes + PK), aumentou a massa fresca de raiz (MFR) e massa fresca total (MFT) respectivamente. Assim, como a massa fresca do rhizobium (MFRZ), no T4.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOUADA, F. A. **Síntese e caracterização de hidrogéis de poliacrilamida e metilcelulose para liberação controlada de pesticidas**. 2009. 141 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP. 2003. 41p.

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

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja em números (safra 2021/22)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 24 jul. 2022.

FERNANDES, A. C. O. **Hidrogel e retenção de água em dois solos cultivados com feijão-caupi e girassol**. 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990000/1/Oagronegociodasojanoscontextosmundialebrasileiro.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2022.

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de Eucalyptus grandis (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. 2004. 100f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

MAIA, A.; MAIA, A. F.; VIANNA, N.; BERGER, T.; SOARES, M.; AGUILA, J. S. MANEJO EM CASA DE VEGETAÇÃO DO PORTA-ENXERTO DE VIDEIRA SO4 COM POLÍMEROS HIDRORETENTORES. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 9, n. 2, p. 1-5, 2017.

MAMANN, A. T. W.; SILVA, J. A. G.; SCREMIN, O. B.; MANTAI, R. D.; SCREMIN, A. H.; DORNELLES, E. F. Nitrogen efficiency in wheat yield through the biopolymer hydrogel. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.10, p. 697–702, 2017.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. **Pesquisa aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n. 2, p. 53-57, 2010.

NICOLETTI, M. F.; NAVROSKI, M. C.; ANDRIOLLO, K.; DE OLIVEIRA PEREIRA, M.; FRIGOTTO, T. Efeito do hidrogel no enraizamento e crescimento inicial de miniestaca do híbrido Eucalyptus urograndis. **Revista Cultivando o Saber**, v. 7, n. 4, p. 34-42, 2014.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, T. M.; SILVA, J. F. B.; DIAS, A. C.; CARVALHO, I. F.; MARTINEZ, R. A. S. USO DE POLÍMERO HIDRORETENTOR E AZOSPIRILLUM BRASILIENSE NA PRODUÇÃO DE MILHO SAFRINHA EM TANGARÁ DA SERRA-MT. *In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DA AGROINDÚSTRIA*, 2021. **Anais [...]**. Recife: Instituto Internacional Despertando Vocações, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.31692/iiciagro.0078>.

SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223209/1/SP-17-2020-online-1.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2022.

SILVA, M. M. **Papel de ureases na nodulação de Glycine max por Bradyrhizobium japonicum**. 2012. 112f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SOUZA, F. G.; SILVA, E. L. S.; ALVAREZ, R. C. F.; ZANELLA, M. S.; LIMA, S. F. Inoculation and co-inoculation of Bradyrhizobium japonicum and Azospirillum brasilense in soybean culture. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 6, p. 1-16, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i6.3553. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3553>. Acesso em: 27 jul. 2022.

SOUZA, I. J.; OLIVEIRA, Z. B.; SILVA, C. M.; GOIS, H.; RODRIGUES, L. R.; LINK, T. T.; MALFFINI, L. B. Componentes de rendimento de soja irrigada por aspersão em Cachoeira do Sul no ano agrícola de 2018/19. **Ciência e natureza**, v. 42, p. e3-e3, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X40658>. Acesso em: 24 jul. 2022.

SPAGNUOLO, F. A.; KAGI, F. Y.; MACEDO, R. B.; CAMARGO, E. F.; BARZAN, R. R.; MURAOKA, E. I.; MOURA, L. A. Análise comparativa entre o custo do manejo fitossanitário e da rentabilidade da produção de tomate orgânico e convencional em ambiente protegido. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 120, 2021.

## CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que o hidrogel teve um comportamento de reter maior quantidade de água nas amostras até sua capacidade de campo (CC) independente das doses, pois esteve agindo com maior incidência e quando em maior potencial mátrico (1500 kPa), ou seja, em seu ponto de murcha permanente (PMP), o solo ficou mais tempo úmido, retraindo água por mais tempo, mostrando eficiência em situações de estresse hídrico da cultura para as doses de  $0,5 \text{ g.L}^{-1}$  e  $1 \text{ g.L}^{-1}$ , vale a pena investigar o tempo de rega com a utilização de doses de hidrogel, visto que ele mantém por maior tempo a disponibilidade de água no solo para as plantas em seu PMP.

Observando assim, que para a cultura do tomate, a utilização da palha em cobertura com a aplicação de  $0,5 \text{ g}$  de hidrogel, influenciou positivamente em seu crescimento e desenvolvimento e para a cultura da soja, ao aplicar o hidrogel nos diferentes tratamentos, aumentou a massa fresca de raiz (MFR) e massa fresca total (MFT) no T2 (TS + *Bradyrhizobium japonicum* + PK) e T4 (TS + *Bradyrhizobium japonicum* + micronutrientes + PK) respectivamente. Assim, como a massa fresca do rhizobium (MFRZ), no T4.

Com estes estudos, foi possível verificar a influência do hidrogel na retenção de água no solo, nas características agrônômicas da cultura do tomate na presença e ausência de cobertura vegetal e na soja com aplicação de fontes nitrogenadas.