



**Universidade Federal do Tocantins
Câmpus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

MARILIA BARCELOS SOUZA LOPES

**HIDROGÉIS COMO ALTERNATIVA NO AUMENTO DA CAPACIDADE DE
RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO PARA CULTURA DA SOJA E DO
FEIJÃO CAUPI**

**GURUPI - TO
2016**



**Universidade Federal do Tocantins
Câmpus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

MARILIA BARCELOS SOUZA LOPES

**HIDROGÉIS COMO ALTERNATIVA NO AUMENTO DA CAPACIDADE DE
RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO PARA CULTURA DA SOJA E DO
FEIJÃO CAUPI**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dsc. Rodrigo Ribeiro Fidelis

**GURUPI - TO
2016**

ATA nº 14/2016

ATA DA DEFESA PÚBLICA A DISSERTAÇÃO/TESE DE DOUTORADO DE MARILIA BARCELOS SOUZA LOPES, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

Aos 16 dias do mês de dezembro do ano de 2016, às 14:00 horas, no(a) Sala de 02 do PG-PV, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador Dsc. Rodrigo Ribeiro Fidelis do Câmpus Universitário Gurupi/ Universidade Federal do Tocantins, Prof.^a Dsc. Niléia Cristina da Silva do Câmpus Universitário Gurupi/ Universidade Federal do Tocantins, Prof. Dsc. Roberto Antonio Savelli Martinez do Câmpus Universitário de Tangará da Serra/Universidade do Estado do Mato Grosso, Prof. Dsc. Manoel Mota dos Santos do Câmpus Universitário de Gurupi/Universidade Federal do Tocantins, Prof. Dsc. Hélio Bandeira Barros do Câmpus Universitário de Gurupi/Universidade Federal do Tocantins, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da Tese de Doutorado de Marília Barcelos Souza Lopes, intitulada " *Hidrogéis como alternativa no aumento da capacidade de retenção de água no solo para cultura da soja e do feijão caupi*". Após a exposição, a discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, habilitando-a ao título de Doutora em Produção Vegetal.

Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



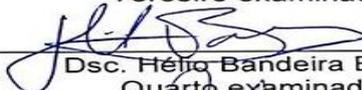
Dsc. Niléia Cristina da Silva
Primeiro examinador



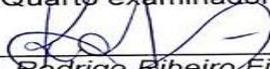
Dsc. Roberto Antonio Savelli Martinez
Segundo examinador



Dsc. Manoel Mota dos Santos
Terceiro examinador



Dsc. Hélio Bandeira Barros
Quarto examinador



Dsc. Rodrigo Ribeiro Fidelis
Universidade Federal do Tocantins
Orientador e presidente da banca examinadora

Gurupi, 16 de Dezembro de 2016

Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal

Não a eu Senhor, não a eu, mas ao Teu nome a glória! (Sl. 115:1).

Porque Dele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois a Ele eternamente. Amém. (Rm. 11:36)

“ Quanto ao mais, tudo o que é verdadeiro, tudo o que é honesto, tudo o que é justo, tudo o que é puro, tudo o que é amável, tudo o que é de boa fama, se há alguma virtude, e se há algum louvor, seja isso o que ocupe o vosso pensamento.” (Fp. 4:8)

AGRADECIMENTOS

A Deus que a todo tempo tem intercedido por mim, cumprindo suas promessas com êxito e inestimável amor, me fortalecido na fé e me chamado por filha, a menina dos Teus olhos. Não a mim Senhor, não a mim, mas ao Teu nome a glória! (Sl. 115:1).

Ao meu esposo José Eugênio Barberato Junior que esteve ao meu lado em todos os momentos, cuidando de mim, sonhando os meus sonhos, e torcendo pelo meu sucesso, agradeço a paciência a dedicação e amor incondicional, agradeço a Deus por você em minha vida.

Aos meus pais Jaimes Valdo e Elizeth Maria, que em todos os momentos me incentivaram-me na concretização desse grande sonho. Apesar da distância, estarem presentes, apesar da saudade, o conforto do telefone, e assim ensinando-me e fazendo-me crescer.

A minha irmã Mônica Barcelos, que me faz sentir uma saudade inexplicável, tornando-me cada vez mais dependente do seu amor, e ensinando-me como ama - lá. Mana o seu carinho e cuidado por mim é maravilhoso.

A toda minha família que sempre me apoiaram e torceram para que eu tivesse sucesso.

Ao meu querido orientador Dsc Rodrigo Ribeiro Fidelis, que ensinou amar à pesquisa, pela amizade e parceríssimos, pela atenção e dedicação em todos os momentos da realização deste trabalho. Pela ajuda nunca negada, pelos bons momentos juntos e pelas conversas e conselhos. Aos demais professores da UFT que somaram de forma grandiosa para minha formação.

Aos parceiros do Melhoramento Genético de Grandes Culturas e Espécies de Potencial Bioenergético"; Danilim, Kleyciane, Taynar, Guilherme, Wagner, Nathan, Antônio, Danilão, Higor, Lorena, Gustavo, Estevan, Rafael, Vanessinha, pelo auxílio na condução dos experimentos, troca de experiências e amizade.

Aos grandes amigos Gustavo Colombo, Analu, Lilian (Guilherme e Andressa), Estevan, Cristieli, Marciane, Laura, Eder, pela companhia e amizade de sempre.

A Fundação Universidade Federal do Tocantins, em especial ao Campus Universitário de Gurupi, pela oportunidade de realização deste Curso Niléia Cristina da Silva, Manoel Mota dos Santos, Hélio Bandeira Barros.

Ao professor Roberto Antonio Savelli Martinez pela participação na banca examinadora e a colaboração com esta pesquisa.

OBRIGADA A TODOS!

RESUMO GERAL

Diante da necessidade de melhorar a produção de culturas anuais em regiões que enfrentam adversidades hídricas, a utilização dos hidrogéis surgem como condicionadores de água no solo, atuando como reserva de água para a planta, e disponibilizando a mesma em momentos de estresse hídrico, melhorando o desenvolvimento e produtividade das plantas. Desta forma, o estudo foi dividido em três capítulos, no primeiro avaliou-se a eficiência da utilização do hidrogel na retenção e disponibilização de água para o desenvolvimento e produção da cultura do feijão Caupi quando submetido a estresse hídrico. Foram avaliados 4 polímeros e 5 concentrações na cultura do feijão caupi, em casa de vegetação. O segundo e terceiro capítulos foram realizados em campo, avaliando-se 2 polímeros e cinco concentrações para a cultura do feijão caupi e soja safra 2015/2016. Conclui-se que o uso de polímeros mostrou-se, para as condições avaliadas, como potencial alternativo para redução de perdas de produtividade resultantes da ação do estresse hídrico.

Palavras chave: *Glycine max*; *Vigna unguiculata*; Cerrado; Estresse hídrico; Condicionadores de solo.

GENERAL ABSTRACT

Facing of the need to improve the production of annual crops in regions undergo through water adversities, the use of hydrogels appears as water conditioner in the soil, acting as a water reserve for the plant, and making it available in times of water stress, on the first chapter. Thus, the study was divided in three chapters. In chapter one efficiency of hydrogel utilization on the retention and availability of water for the development and production of the Caupi bean culture when submitted to water stress was evaluated, thereby 4 polymers and 5 concentrations in cowpea, under greenhouse conditions were evaluated. The second and third chapters were conducted on the field, evaluating 2 polymers and five concentrations for 2015/2016 cowpea and soybean crops. It is concluded that the use of polymers was shown, for the evaluated conditions as an alternative potential to reduce productivity losses resulting from the action of water stress.

Key words: Drought; Thick; *Vigna unguiculata* (L.) Walp; *Glycine max* (L.).

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	5
RESUMO GERAL.....	6
GENERAL ABSTRACT.....	7
INTRODUÇÃO GERAL.....	11
CAPÍTULO 1.....	16
USO DE DIFERENTES HIDROGÉIS NO CULTIVO DO FEIJÃO CAUPI SOB ESTRESSE HÍDRICO.....	16
CAPÍTULO 2.....	33
INFLUÊNCIA DO HIDROGEL NO FEIJÃO CAUPI CULTIVADO SOB ESTRESSE HÍDRICO.....	33
CAPÍTULO 3.....	49
INFLUÊNCIA DO USO DO HIDROGEL NO CULTIVO DA SOJA SOB ESTRESSE HÍDRICO.....	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Tabela 1.** Resumo da análise de variância para número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e produtividade (PROD em g/planta) em uma cultivar de feijão caupi com cinco concentrações e quatro fontes de hidrogéis. Gurupi, TO. 2015..... 22
- Tabela 2.** Médias de número de vagens por plantas (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e produtividade de grãos (PROD)..... 23

CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Resumo da análise de variância para número de vagens por plantas (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos (PROD), em feijão caupi com cinco concentrações e duas fontes de hidrogéis. Gurupi, TO. 2015/2016..... 39

CAPÍTULO 3

- Tabela 1.** Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT) massa de cem grãos (M100), número de vagens por planta (VP) e produtividade (PROD) em um cultivar de soja com cinco concentrações e duas fontes de hidrogéis. Gurupi, TO. 2015/2016..... 55

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Número de vagens por planta da cultivar de feijão caupi sempre verde submetida a diferentes concentrações (0; 1,5; 3; 4,5; 6 g) e produtos comerciais (Hidrogel 1 HyA; 2 HyB; 3 HyC; 4 Polim-Agri)..... 24
- Figura 2.** Número de grãos por vagem da cultivar de feijão caupi sempre verde submetida a diferentes concentrações (0; 1,5; 3; 4,5; 6 g) e produtos comerciais (Hidrogel 1 HyA; 2 HyB; 3 HyC; 4 Polim-Agri)..... 26
- Figura 3.** Produtividade de grãos em g/planta da cultivar de feijão caupi sempre verde submetida a diferentes concentrações (0; 1,5; 3; 4,5; 6 g) e produtos comerciais (Hidrogel 1 HyA; 2 HyB; 3 HyC; 4 Polim-Agri)..... 27

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar (%), ocorridas durante o cultivo de feijão caupi sobre influência do hidrogel, na safra 2015/2016 (IMET,2016)..... 37
- Figura 2.** Número vagens por planta de feijão caupi cultivar BRS Vinagre submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha⁻¹) e produtos comerciais (H1: Hydroplan; H2: Polim-Agri)..... 40
- Figura 3.** Número de grãos por vagem de feijão caupi cultivar BRS Vinagre submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha⁻¹) e produtos comerciais (H1: Hydroplan; H2: Polim-Agri)..... 41
- Figura 4.** Massa de 100 grãos de feijão caupi cultivar BRS Vinagre submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha⁻¹) e produtos comerciais (H1: Hydroplan; H2: Polim-Agri)..... 42
- Figura 5.** Produtividade de grãos de feijão caupi cultivar BRS Vinagre submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha⁻¹) e produtos comerciais (H1: Hydroplan; H2: Polim-Agri)..... 43

CAPÍTULO 3

- Figura 1.** Precipitação pluvial (mm) e Temperaturas máxima e mínima (°C) ocorridas durante cultivos de soja sobre influencia do hidrogel, na safra 2015/2016 (IMET, 2016)..... 53
- Figura 2.** Altura de planta do cultivar de soja MSOY 8644 submetido a diferentes

concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha ⁻¹) e produtos comercias (H1: Hydroplan; H2: Polim-Agri).....	56
Figura 3. Massa de cem grãos da cultivar de soja MSOY 8644 submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha ⁻¹) e produtos comercias (H1: Hydroplan; H2: Polim-Agri).....	58
Figura 4. Vagens por planta do cultivar de soja MSOY 8644 submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha ⁻¹) e produtos comercias (H1: Hydroplan; H2: Polim-agri).....	59
Figura 5. Produtividade em kg ha ⁻¹ do cultivar de soja MSOY 8644 submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha ⁻¹) e produtos comercias (H1: Hidrogel; H2: Hydroplan; 2 Polim-agri).....	60

INTRODUÇÃO GERAL

A Região conhecida como MATOPIBA, é composta pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, e juntos semeiam uma área de mais de 7,3 milhões de ha⁻¹, destacando-se na capacidade produtiva na agricultura e consolidando-se como a mais nova fronteira agrícola. A expansão da produção rural na região do Cerrado tem caminhado a passos largos, despertando a curiosidade por sua alta eficiência e pouca infraestrutura. Dois pontos fundamentais podem ser determinantes nesse processo, a oferta e a demanda. Tendo as *commodities* elevadas cotações no mercado internacional a partir de 2005 e 2006 (com rentabilidade superior à média histórica), a demanda por terras faz com que os investidores busquem novas áreas para ampliar suas produções, assim, o “MATOPIBA” surge como forte opção por possuir áreas planas e extensas, com solos de alta capacidade produtiva, bom regime pluviométrico e clima favorável somando peculiaridades primordiais para a agricultura moderna (LIMA FILHO et al., 2014).

O Estado do Tocantins é o mais recente no país, sua área é de 277.97,8 km², se classificando como o 9º estado brasileiro em área territorial, ficando com 44% do território do Estado de Goiás, do qual fazia parte (IBGE, 2016). As terras com potencial de expansão agrícola têm características que podem se adaptar bem à produção de grãos. O preço das terras, ao se comparar com as regiões já consolidadas na agricultura brasileira, ainda é bem acessível, o que tem atraído imigrantes da Região Sul e Sudeste, principalmente para o cultivo da soja (SILVA & ALMEIDA, 2007). Segundo dados da SEAGRO (2016), nos últimos dez anos, houve um crescimento superior a 180% da área plantada e 240% na produção, evidenciando o avanço tecnológico nas propriedades, sendo hoje o Tocantins o maior produtor de grãos da região Norte do Brasil, sobretudo, de soja, arroz, milho e feijão.

O Estado do Tocantins produziu na safra 2014/2015 mais 4,2 milhões de toneladas em uma área de mais de 1,2 milhões de hectares. Porém, houve um registro de queda de 28,2% na safra 2015/2016 da mesma maneira que em muitas outras regiões do país, em virtude das condições extremamente adversas de clima, sendo considerada a mais severa dos últimos anos e caracterizada por irregularidades e escassez das chuvas, com três períodos de veranicos e

temperaturas acima da média. Em algumas regiões produtoras não choveu nem 60% do volume normal para o período, ocasionando diminuição de área plantada e redução da produtividade em relação às safras anteriores (CONAB, 2016).

A disponibilidade hídrica tem sido considerada como o fator climático de maior efeito sobre a produtividade agrícola, controlando a distribuição das espécies nas diferentes zonas climáticas (MORANDO et al., 2014). A produção agrícola em ambientes com pouca disponibilidade hídrica é afetada de maneira direta, uma vez que a água constitui aproximadamente 90% do peso da planta, quando em fase vegetativa atuando em praticamente, todos os processos fisiológicos e bioquímicos, além de desempenhar a função de solvente, transportando gases, minerais e outros solutos na planta (FARIAS et al., 2009). Portanto, a necessidade de aumentar a produção aliada a escassez de recursos hídricos tem estimulado pesquisadores a buscarem técnicas alternativas para melhoria da produção em regiões que enfrentam severos déficit hídrico.

Neste contexto, os polímeros hidroretentores podem ser interessantes, pois atuam como reguladores da disponibilidade de água para as culturas, aumentando a produtividade local e minimizando os custos de produção (MENDONÇA et al., 2013). A utilização de hidrogéis na agricultura tem sido uma estratégia para o manejo agrícola, devido às suas características de condicionadores do solo que contribuem para aumentar a capacidade de retenção de água no solo, reduzindo a frequência de irrigação (VENTUROLI & VENTUROLI., 2011). Os polímeros hidroretentores funcionam como uma alternativa para situações em que não haja disponibilidade de água no solo, circunstâncias de estresse hídrico ou em longos períodos de estiagem, ocasiões em que a baixa umidade do solo afeta de forma negativa o crescimento e o desenvolvimento das plantas (AZEVEDO et al., 2002).

Diante deste cenário, objetivou-se com o presente estudo avaliar a eficiência da utilização de diferentes hidrogéis na retenção e disponibilização de água para o desenvolvimento e produção da cultura da soja e do feijão caupi quando submetidas a estresse hídrico no Estado do Tocantins.

REFERÊNCIAS

Azevedo, T. L. F.; Bertonha, A. ; Gonçalves, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 1, n. 1 p. 23-31, 2002.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, quarto levantamento, setembro 2016 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, . 2016. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_18_03_00_perspectivas_2015-16.pdf . Acessado em: 08/11/2016.

Farias, J. R. B.; Neumaier, N.; Nepomuceno, A. L. Soja. In: Monteiro, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos**: O fator meteorológico na produção agrícola. 1. ed. Brasília: INMET, 2009, p. 263-277.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em : http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/trabalhoerendimento/pme/pmet2_shtm. Acesso em 06/11/2016.

Lima Filho, R. R.; Aguiar, G. A. M.; Torres Junior, A. M. MAPITOBA. A última fronteira agrícola. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 05, p. 15-16, 2014.

Mendonça, T. G.; Urbano, V. R.; Cabral, F. F. P.; Bacalhau, F. B.; Souza, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

Morando, R.; Silva, A. O.; Carvalho, L. C.; Pinheiro, M. P.M. A. Déficit Hídrico: Efeito sobre a Cultura da Soja. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. especial, p. 114-129, 2014.

SEAGRO, Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento. Disponível em: <http://seagro.to.gov.br/agronegocios/agricultura/#sthash.ArXoluXV.dpuf>. Acesso em: 27 nov 2016.

Silva, A., R., P.; Almeida, M., G. O agronegócio e o Estado do Tocantins: o atual estágio de consolidação. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 28-45, 2007.

Venturoli, F.; Venturoli, S. Recuperação florestal em uma área degradada pela exploração de areia no Distrito Federal. **Ateliê Geográfico**. Goiânia, v. 5, n. 13, p. 183-195, 2011.

CAPÍTULO 1

HIDROGÉIS NO CULTIVO DO FEIJÃO CAUPI SOB ESTRESSE HÍDRICO

RESUMO

O crescente aumento populacional e a necessidade de intensificar a produção de alimentos aliados à escassez de recursos hídricos têm levado a buscas por alternativas que reduzam o consumo e otimizem o uso da água durante o cultivo. Nesse contexto, os hidrogéis surgem como estratégia no manejo agrícola, devido à sua capacidade de retenção de água no solo e disponibilização para as plantas. Objetivou-se avaliar a eficiência de diferentes hidrogéis no desenvolvimento e produção da cultura do feijão caupi quando submetido a estresse hídrico, em casa de vegetação. O experimento foi conduzido em blocos casualizados com cinco repetições, em esquema fatorial de 4 x 5, sendo quatro diferentes hidrogéis (Hydroplan-EB HyA granulometria de 1 a 3 mm, Hydroplan-EB HyB granulometria 0,5 a 1 mm, Hydroplan-EB HyC granulometria < 0,5 e Polim-Agri granulometria de 1 a 0,5 mm) e cinco concentrações (0; 1,5; 3; 4,5 e 6 g por vaso). A cultivar de feijão caupi utilizada foi Sempre-verde. O estresse hídrico foi induzido na floração com duração de 20 dias, deixando somente as testemunhas livre do estresse hídrico. Foi avaliado o número de vagens por planta; número de grãos por vagem e produtividade de grãos. O uso de hidrogel demonstra como potencial alternativo para redução de perdas de produtividade sob ação do estresse hídrico. A maior concentração de hidrogel (6 g) resultou em maior número de vagens e produtividades para todos os hidrogéis, destacando HyC e Polim-Agro com 7,1 e 8,2 vagens por planta e produtividade de 13,86 e 14,33 g planta⁻¹, respectivamente.

Palavras-chaves: *Vigna Unguiculata* (L.)Walp; Condicionador de solos; Seca.

USE OF DIFFERENT HYDROGES IN THE CULTIVATION OF COWPEA UNDER WATER STRESS

ABSTRACT

The increasing population growth and the need to intensify food production coupled with the scarcity of water resources have led to searches for alternatives that reduce consumption and optimize water use during cultivation. In this context, hydrogels appear as a strategy in agricultural management, due to their capacity of retention of water in the soil and availability to the plants. The objective of this study was to evaluate the efficiency of different hydrogels in the development and production of cowpea when submitted to water stress in a greenhouse. The experiment was conducted in a randomized block with five replicates, in a 4 x 5 factorial scheme, with four different hydrogels (Hydroplan-EB HyA granulometry of 1 to 3 mm, Hydroplan-EB HyB granulometry 0.5 to 1 mm, Hydroplan-EB HyC granulometry <0.5 and Polim-Agri granulometry of 1 to 0.5 mm) and five concentrations (0, 1.5, 3, 4.5 and 6 g per pot). The cowpea cultivar used was Evergreen. The water stress was applied in the flowering with duration of 20 days, leaving only the free witnesses. The number of pods per plant was evaluated; Number of grains per pod and grain yield. The use of hydrogel demonstrates as an alternative potential to reduce productivity losses under the action of water stress. The highest concentration of hydrogel (6 g) resulted in a higher number of pods and yields for all hydrogels, with HyC and Polim-Agro showing 7.1 and 8.2 pods per plant and yield of 13.86 and 14.33 g plant⁻¹, respectively.

Key words: *Vigna unguiculata* (L.) Walp; Soil conditioner; Dry.

INTRODUÇÃO

O crescente aumento da população mundial, cujas previsões estimam 9,1 bilhões de pessoas em 2050, tem-se apresentado como grande desafio de aumentar a produção de alimentos para suprir toda esta demanda de forma que não haja fome no mundo. Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a produção de alimentos terá que aumentar em 70% a fim de alimentar toda essa população (CARGNIN, 2007). Portanto, a necessidade de aumentar a produção de alimentos tem estimulado a busca por novas formas de manejo, pois é comum a escassez de terras e limitação dos recursos naturais.

O Brasil é um grande produtor de grãos, porém, a disponibilidade hídrica tem sido considerada o fator climático de maior efeito sobre a produtividade agrícola. A produção de grãos para a safra 2015/16 foi estimada em 188,1 milhões de toneladas com uma redução de 9,5% em relação à safra 2014/15 atribuída principalmente ao estresse hídrico (CONAB 2016). Nas regiões Norte e Nordeste o déficit hídrico é ainda mais severo, durante os períodos da safra e da safrinha (segunda safra) a precipitação pluviométrica é bastante irregular, nessas regiões ocasionando o fenômeno conhecido por “veranico”, que consiste em um período de estiagem, acompanhado por calor intenso, forte insolação e baixa umidade relativa, o que compromete intensamente a produtividade das culturas (CARDOSO & RIBEIRO, 2006). Da mesma forma encontram-se as maiores áreas plantadas com a cultura do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), sendo esta importante fonte geradora de emprego e renda, constituindo-se como um dos principais componentes da alimentação humana (BEZERRA et al., 2008).

O cultivo do feijão caupi vem se expandindo para a região do Cerrado, das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, sendo incorporado aos arranjos produtivos como safrinha após as culturas da soja e arroz. Nessa condição de safrinha o feijão caupi apresenta custo de produção bastante competitivo, aumentando o interesse dos produtores pela cultura, além disso, a produção é de alta qualidade, possibilitando que o produto tenha boa aceitação por todos os integrantes de sua cadeia produtiva (FREIRE FILHO et al., 2011). Porém, a disponibilidade de água é um dos fatores ambientais que mais influencia a produtividade da cultura, por inviabilizar o processo fotossintético, uma vez que a água, além de ser componente

básico da reação, também é responsável pela manutenção da transpiração, essencial para a permeabilidade do gás carbônico no mesófilo foliar (TAIZ & ZEIGER, 2013). Na maioria dos países, continentes e regiões, a água utilizada na agricultura representa cerca de 70% do consumo total. Há uma enorme necessidade de redução desse uso com a introdução de tecnologias adequadas, eliminação dos desperdícios e introdução de reuso e reciclagem (TUNDISI, 2008).

Nesse contexto, os polímeros hidro retentores surgem como alternativa, atuando como reguladores da disponibilidade de água para as culturas, aumentando a produtividade local e minimizando os custos de produção (MENDONÇA et al., 2013). Os hidrogéis são definidos como, polímeros superabsorventes constituídos por uma ou mais redes tridimensionalmente estruturadas, formadas por cadeias macromoleculares interligadas por ligações covalentes (reticulações) ou interações físicas, que podem reter uma quantidade significativa de água dentro de sua própria estrutura e inchar, sem que ocorra dissolução do mesmo (RUI et al., 2007, AOUADA et al., 2008, OVIEDO et al., 2008). A quantidade de água adsorvida pelos hidrogéis geralmente está relacionada com a hidrofiliabilidade das cadeias e a densidade do agente de reticulação utilizado na síntese (KRUŠIĆ et al., 2011).

A atuação desses polímeros na agricultura tem contribuído para aumentar a capacidade de retenção de água, melhorar as propriedades do solo e reduzir lixiviação de nutrientes, permitindo a utilização mais efetiva dos recursos solo e água, contribuindo para melhorar o desenvolvimento e rendimento das culturas, atuando na redução do tempo de germinação, diminuição de mortalidade de plantas e melhor desenvolvimento do sistema radicular (MARQUES & BASTOS, 2010). Os hidrogéis agem como reservatório próximo às raízes armazenando água e o que nela estiver dissolvido (como defensivos e fertilizantes), disponibilizando facilmente essa solução para as plantas à medida que for necessário. Segundo Azevedo et al. (2002), os polímeros hidrorretentores funcionam como uma alternativa para situações em que não haja disponibilidade de água no solo, circunstâncias de estresse hídrico ou em longos períodos de estiagem, ocasiões em que a baixa umidade do solo afeta, de forma negativa, o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência da utilização do hidrogel na retenção e disponibilização de água para o desenvolvimento e

produção da cultura do feijão caupi quando submetido a estresse hídrico, em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado em casa de vegetação na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins - Campus de Gurupi, (11°46'18"S, 49°02'35"W e altitude de 280 m), no dia 14 de março de 2015, utilizando-se a cultivar de feijão caupi BRS Sempre Verde. O clima da região, classificado segundo Koppen, é do tipo megatérmico com chuvas de verão e inverno seco, temperatura máxima variando em torno de 30 a 35 e mínimas entre 20 a 25, umidade relativa do ar aproximadamente 85% (INMET).

A casa de vegetação utilizada, possui cobertura em arco, tendo 20 m de comprimento, 6 de largura, 1,75 m pé-direito. As paredes laterais e frontais são de tela sombrite 50%, o teto coberto com filme plástico de polietileno de 150 micras, sem controle climático, sendo os vasos posicionados no chão. O solo empregado na instalação do experimento foi o Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Embrapa, 2013), proveniente da camada superficial (0 – 0,20 m), com pH corrigido para o bom desenvolvimento da cultura. Utilizou-se vasos de capacidade para 5 kg, com a mistura de solo, substrato e areia, na proporção 3:1:1 (solo-substrato-areia), respectivamente, buscando proporcionar maior porosidade ao solo, e melhor desenvolvimento radicular para a cultura.

O resultado da análise química e física do conteúdo do substrato do experimento foi: pH em $\text{CaCl}_2 = 6,0$; M.O (%) = 1,5; P (Mel) = 9,2 mg dm^{-3} ; K = 0,40 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca+Mg = 2,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H+Al = 1,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al = 0,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; SB= 3,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V = 67%; 665 g kg^{-1} de areia; 50 g kg^{-1} de silte e 285 g kg^{-1} de argila. As adubações foram realizadas de acordo com a análise de solo usando-se na adubação de base 400 kg ha^{-1} de NPK (5-25-15), e em cobertura 50 kg ha^{-1} de uréia, cerca de 30 dias após a semeadura.

As sementes foram submetidas a tratamento com fungicida pertencente ao grupo químico Benzimidazol (63+9 g de i.a/100 kg de sementes) e o inseticida/fungicida pertencente ao grupo químico Piraclostrobina, Metil Tiofanato e Fipronil (100 g de i.a/100 kg de sementes), seguindo recomendações para a cultura.

O arranjo experimental usado foi o de blocos casualizados com cinco repetições, em esquema fatorial de 4 x 5, sendo quatro diferentes hidrogéis em forma de pó (Hydroplan-EB HyA granulometria de 1mm a 3mm, Hydroplan-EB HyB granulometria 0,5mm a 1mm, Hydroplan-EB HyC granulometria < 0,5 e Polim-Agri granulometria de 1 a 0,5mm) e cinco concentrações (0; 1,5; 3; 4,5 e 6 g por vaso). Foi adicionado ao experimento um tratamento padrão (sem estresse hídrico ao longo do ciclo da cultura, não entrando na análise estatística), com o objetivo de comparar como a influência dos produtos estudados em ambiente de estresse se aproximam dos meios do ambiente ideal. No entanto, não entrou na análise estatística e é apresentado em gráficos de barras.

O hidrogel foi aplicado em forma de pó, com aproximadamente 8 cm de profundidade e em círculo, logo acima, aproximadamente 5 cm, foi realizada a semeadura também em círculo. Optou-se em semear cinco sementes por vaso, com desbaste aos 25 dias após a semeadura visando à obtenção de três plantas por vaso. A capacidade de pote (CP) foi adotada como o conteúdo de água no solo após sofrer saturação através da ação da gravidade, até o cessamento da drenagem. A irrigação dos vasos foi controlada através do procedimento de pesagem, onde os vasos foram pesados diariamente para posterior reposição da água vapotranspiranda no período mantendo-se os vasos próximo à capacidade de campo e nunca com tensão maior a 30 kPa, tida como ideal para a cultura. Assumindo-se que a água da torneira apresentou relação peso/volume de 1:1, a irrigação foi realizada de modo a completar a água faltante, em termos de volume (mL), metodologia adaptada de Moraes et al. (2008). No período de florescimento (45 dias após a semeadura), a irrigação foi interrompida durante 20 dias, quando, durante todo o estresse, aferiu-se a maior tensão pelo tensímetro de 75 kPas.

Os tratos fitossanitários foram realizados de acordo com a necessidade com aplicações do inseticida Acetamiprido na dosagem de 250 g ha⁻¹, Tebuconazol e Trifloxystrobina na dosagem de 180g ha⁻¹ e o Metomil (107 g de i.a/100 ml de água).

As avaliações foram realizadas 68 dias após a semeadura, sendo avaliado o número de vagens por planta, obtido pela contagem do número total de vagens do vaso e dividido pela quantidade de plantas do vaso (três); número de grãos por vagem, obtido através do número total de grãos oriundos das plantas do vaso e dividindo pelo resultado de número total de vagens das três plantas; produtividade

de grãos, obtida pela massa de grãos das plantas do vaso e dividindo pela quantidade de plantas do vaso (três), em g planta⁻¹, corrigido a 13% de umidade.

Os dados foram analisados com o programa SISVAR (FERREIRA, 2008). Sendo os mesmos submetidos ao teste de F para análise de variância e, os efeitos dos tratamentos quando significativos foram submetidos ao teste de Tukey a 5 e 1% e nos casos de efeitos de doses foram submetidos a análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o resumo da análise de variância (Tabela 1), observa-se que houve efeito significativo na interação para todas as características avaliadas, evidenciando que os fatores são dependentes. Ao analisar as fontes de variações concentrações de hidrogel e produtos comerciais, observou-se diferenças significativa para todas as características, ou seja, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade de grãos.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e produtividade (PROD em g/planta) em um cultivar de feijão caupi com cinco concentrações e quatro fontes de hidrogéis. Gurupi, TO. 2015.

FV	GL.	NVP	NGV	PROD
Hidrogel (H)	3	7,45**	9,39**	11,96**
Concentrações (C)	4	58,23**	5,21**	452,64**
(H x C)	12	0,94**	2,78**	1,18**
Blocos	4	1,63	1,15	0,38
Resíduo	76	0,72	0,85	0,22
C.V. (%)		20,29	21,39	7,89
Média geral		4,21	4,32	5,97

Na Tabela 2 são apresentadas as médias dos polímeros para as 5 concentrações avaliadas. O polímero H4 (Polim-Agri) destaca-se por apresentar maiores médias para todas as características avaliadas e em todas as doses. Vale ressaltar que o polímero H3 na maior dose obteve destaque de médias exceto para característica número de grão por vagem.

Tabela 2. Médias de número de vagens por plantas (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e produtividade de grãos (PROD)

NVP					
	C0	C1	C2	C3	C4
H1	2,40 A	2,60 AC	3,40 BC	4,40 AB	6,20 B
H2	2,40 A	2,40 A	3,00 C	4,00 B	6,60 B
H3	2,40 A	3,80 A	4,60 AB	5,00 AB	7,40 A
H4	2,40 A	3,60 A	5,20 A	5,60 A	7,00 A
NGV					
	C0	C1	C2	C3	C4
H1	3,58 A	5,12 AB	4,02 A	3,50 B	4,04 B
H2	3,58 A	5,38 A	4,50 A	3,74 B	3,98 B
H3	3,58 A	3,80 B	3,30 A	3,72 B	4,62 B
H4	3,58 A	4,78 A	4,82 A	6,14 A	6,70 A
PROD					
	C0	C1	C2	C3	C4
H1	2,56 A	2,86 C	3,40 C	4,32 B	12,71 C
H2	2,56 A	3,19 BC	3,81 BC	4,45 B	14,44 B
H3	2,56 A	3,68 B	4,56 AB	5,79 A	14,75 A
H4	2,56 A	4,65 A	5,30 A	5,99 A	15,44 A

Médias seguidas da mesma letra coluna pertencem ao mesmo grupo estatístico pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto ao número de vagens por planta, nota-se que as fontes de hidrogéis apresentaram comportamento diferenciado (Figura 1), com destaque para os hidrogéis HyC e Polim-Agri que por sua vez possuem menor granulometria (<0,5 e 0,5 mm, respectivamente), e apresentaram melhor resposta em todas as concentrações, produzindo 7,1 e 8,2 vagens na maior concentração, respectivamente, enquanto que a testemunha produziu 9,2 vagens por planta. Estes dados corroboram Regis et al. (2013), que encontraram maior número de vagens por plantas no tratamento utilizando hidrogel. Esse resultado pode estar associado a diversos fatores, um deles é que quanto menor o tamanho das partículas do polímero maior será a área superficial específica e, conseqüentemente, maior o volume de água retida por absorção. A estrutura determina o arranjo das partículas, e quanto maior o tamanho dos poros, menor é a força de retenção de água.

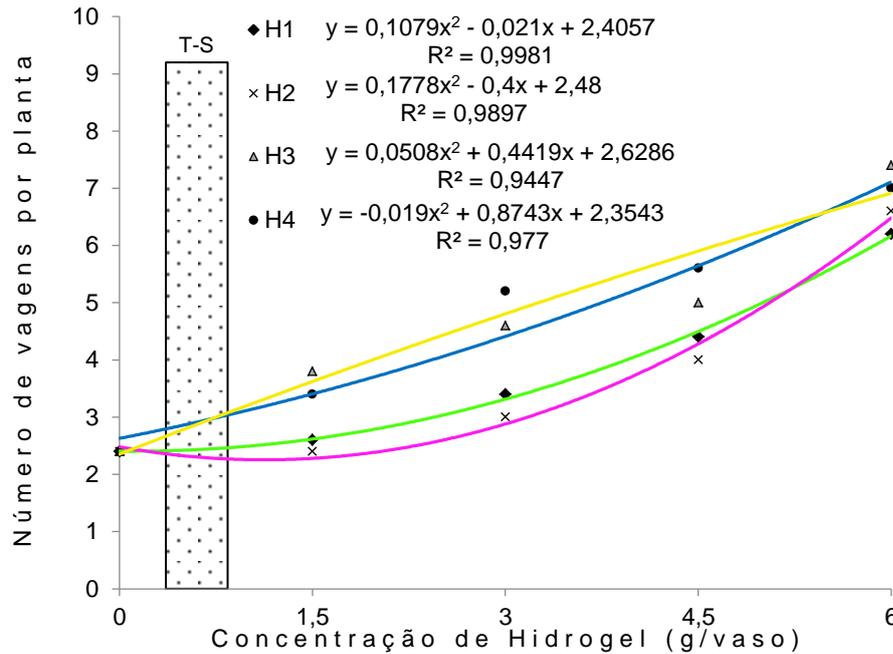


Figura 1. Número de vagens por planta cultivar de feijão caupi sempre verde submetida a diferentes concentrações (0; 1,5; 3; 4,5; 6 g) e produtos comerciais (Hidrogel 1 HyA; 2 HyB; 3 HyC; 4 Polim-Agri). Tratamento padrão T-S, sem estresse hídrico; ^{ns} não significativo; ^{**} significativo para $P \leq 0,01$; ^{*} Significativo para $P \leq 0,05$ pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Brito et al. (2013) explicam que o processo de intumescimento de um hidrogel é governado por fatores físicos intrínsecos à rede 3D e a fatores externos. Alguns fatores físicos, tais como, presença de grupos hidrofílicos (-OH, -NH₂, -COOH, -CONH₂, -SO₃H) na estrutura da cadeia polimérica (lateralmente ou na cadeia principal), menor densidade de reticulação e alta flexibilidade da rede polimérica, contribuem positivamente para um maior intumescimento do material. Portanto, provavelmente os polímeros de maior granulometria (HyA e HyB) tenham maior densidade de “crosslinking” (são mais reticulados), apresentando poros mais “fechados” e por isso absorvendo menos líquido (para a mesma massa de hidrogel seco), além de talvez, terem a presença de grupos hidrofóbicos e presença de íons que desfavorecem a absorção de água pelo gel.

Outra característica muito importante que pode ter influenciado o desempenho inferior dos polímeros HyA e HyB é o grau de intumescência, que está associado a concentração de acrilamida (AAM) presente no grânulo. Bortolin et al. (2012) explicam que a maior concentração de Acrilamida aumenta a rigidez das

cadeias poliméricas, provocando menor capacidade de absorção de água. De maneira geral, redes poliméricas formadas com alta concentração de AAm são mais fortemente reticuladas e isso reflete em menor expansão, fazendo com que o volume de água difundido para o interior da matriz seja menor. Desta forma, provavelmente os hidrogéis HyC e Polim-Agri possuem menor teor de acrilamida que os demais produtos, resultando em maior absorção de água e conseqüentemente, maior disponibilização da mesma para a planta ao longo de seu ciclo, resultando assim em maior número de vagens por planta.

Observando a característica número de grãos por vagem (Figura 2), nota-se resposta cúbica para característica avaliada em todos os hidrogéis testados. Esta resposta pode estar associada ao caráter varietal estável, não sendo tão influenciado pelo ambiente. Scherer et al. (2015) testaram épocas e concentrações de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro, e não obtiveram resposta positiva no número de grãos por vagens em função do incremento da adubação. Os autores explicam que essa é uma característica de caráter qualitativo, sendo pouco influenciada pelo ambiente. A maior produção, ou seja, de 6,7 grãos foi encontrada na concentração máxima, para o hidrogel Polim-Agri, que equivale 7,61% a mais que a testemunha. Portanto, mesmo quando submetidos a estresse hídrico de 20 dias no período mais crítico da cultura (florescimento), a formação dos grãos na vagem foi superior à testemunha, ressaltando assim, o potencial do produto para suprir as necessidades hídricas da planta durante este período de adversidade, tão comum na região.

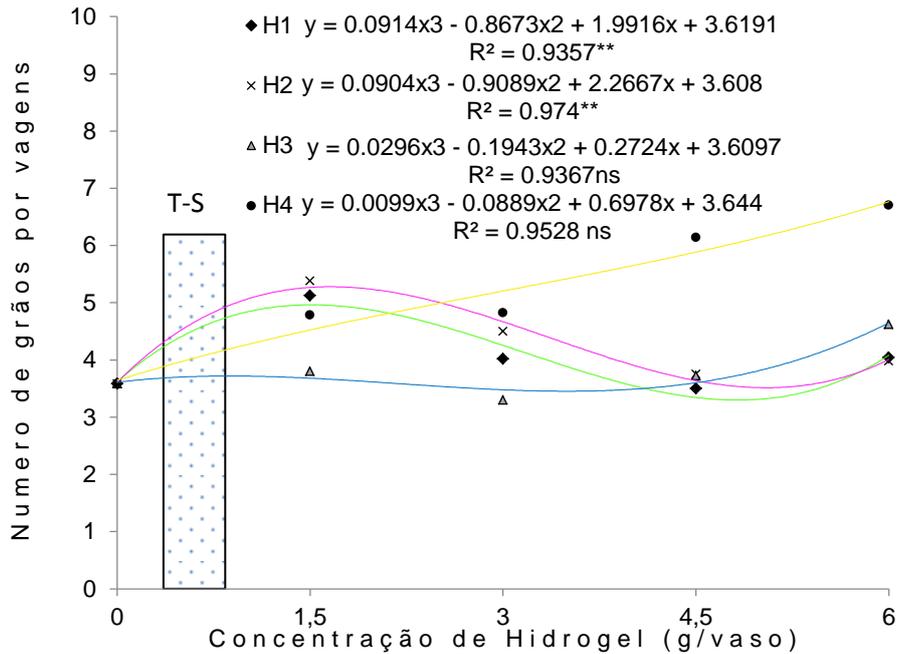


Figura 2. Número de grãos por vagem da cultivar de feijão caupi sempre verde submetida a diferentes concentrações (0; 1,5; 3; 4,5; 6 g) e produtos comerciais (Hidrogel 1 HyA; 2 HyB; 3 HyC; 4 Polim-Agri). Tratamento padrão T-S, sem estresse hídrico; ^{ns} não significativo; ^{**} significativo para $P \leq 0,01$; ^{*} Significativo para $P \leq 0,05$ pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Observa-se acréscimo da produtividade de grãos (Figura 3) para todos os hidrogéis em função do aumento da concentração, com destaque para o Hidrogel Polim-Agri que obteve produtividade de 14,33 gramas na maior concentração, superando a testemunha que produziu 13,19 gramas por planta e recebeu água durante todo ciclo. Como nas demais características o Hidrogel HyC, também se destacou, resultando em produtividade de 13,86 g planta⁻¹ na maior concentração, cerca de 97% da produção da testemunha. Nascimento et al. (2011) avaliaram 20 genótipos de feijão caupi submetidos a estresse hídrico, e encontraram produtividades variando de 10,6 à 2,55 g/ planta na região do Ceará, apontando como o principal fator responsável pela baixa produtividade o déficit hídrico.

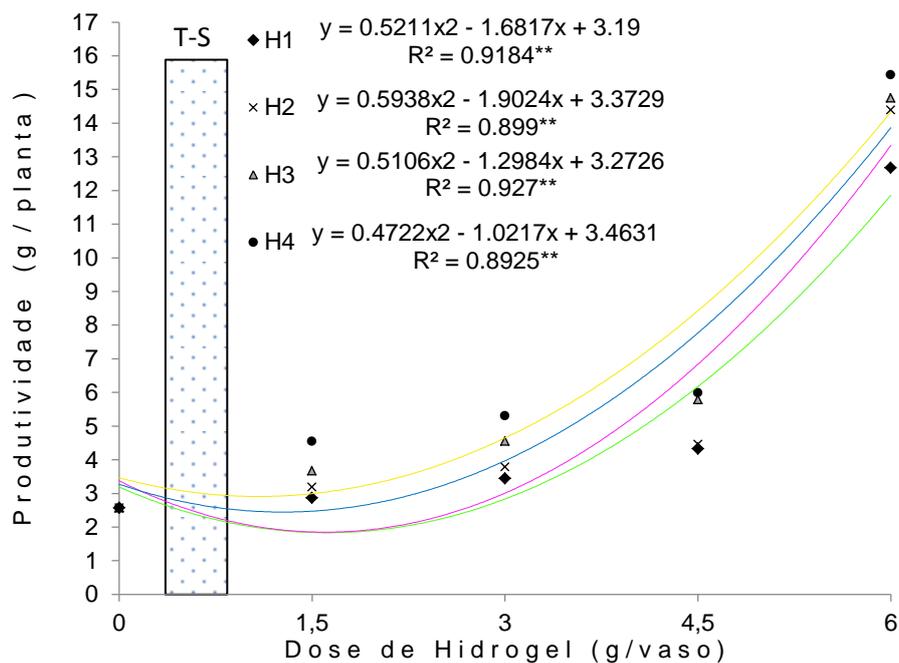


Figura 3. Produtividade de grãos em g/planta da cultivar de feijão caupi sempre verde submetida a diferentes concentrações (0; 1,5; 3; 4,5; 6 g) e produtos comerciais (Hidrogel 1 HyA; 2 HyB; 3 HyC; 4 Polim-Agri). Tratamento padrão T-S, sem estresse hídrico; ^{ns} não significativo; ** significativo para $P \leq 0,01$; *Significativo para $P \leq 0,05$ pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Levando-se em conta as condições adversas em que as plantas foram submetidas, como pequeno espaçamento entre vasos, quantidade limitada de luz, temperatura elevada e déficit hídrico, pode-se considerar satisfatório a produtividade das plantas avaliadas, na concentração máxima do hidrogel HyC e Polim-Agri. Silva et al. (2013) analisando cultivares de feijão caupi irrigado para produção de grãos verdes em Serra Talhada – PE, observaram produtividade de grãos para o mesmo cultivar sempre verde de 13,18 g por planta a um espaçamento de 0,50 m entre fileiras. Segundo Dranski et al. (2013), a utilização desse polímero misturado ao solo sustenta a hipótese do armazenamento e disponibilidade de água nas condições experimentais testadas. O polímero retentor de água vem sendo comercializado com as justificativas de que, ao ser incorporado ao solo ou substrato, permite maior retenção de água e de fertilizantes, que podem lentamente ser liberados para as plantas em função dos ciclos absorção – liberação. Além disso, a adição de hidrogel

em função de sua elevada capacidade de troca catiônica (CTC), reduz a lixiviação de nutrientes. Com isso percebe-se que o uso do hidrogel na agricultura torna-se promissor, pois garante ao produtor segurança na produção, disponibilização de água e nutrientes, mesmo a cultura sendo exposta a estresse hídrico em períodos críticos da cultura como é o estágio reprodutivo da cultura (florescimento e enchimento de grãos), já que garante ao produtor segurança para a cultura, elevar a produtividades.

CONCLUSÕES

O uso de hidrogel mostrou-se, para as condições avaliadas como potencial alternativo para redução de perdas de produtividade resultantes da ação do estresse hídrico;

A maior concentração de hidrogel (6 g) resultou em maior número de vagens e produtividades para todos os hidrogéis, destacando HyC e Polim-Agri com 7,1 e 8,2 vagens por planta e produtividade de 13,86 e 14,33 gramas por planta, respectivamente.

REFERÊNCIAS

Aouada, F. A.; Moura, M. R.; Campese, G. M.; Giroto, E. M.; Rubira, A. F. & Muniz, E. C. Caracterização de hidrogéis condutores constituídos por PAAm e PEDOT/PSS por meio de planejamento fatorial. **Polímeros Ciência e Tecnologia, Polímeros São Carlos**, v. 18, n. 2, p. 126-131, 2008.

Azevedo, T. L. F.; Bertonha, A.; Gonçalves, A. C. A. Uso do hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Florestais**, Alta Floresta, v. 1, n. 1, p. 23-31, 2002.

Bezerra, A. A. C.; Távora, J. F. A. F.; Freire Filho, F. R.; Ribeiro, V. Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão, v. 8, n. 1, p. 85-93, 2008.

Bortolin, A.; Aouada, F. A.; Longo, E.; Mattoso, L. H.C. Investigação do Processo de absorção de água de hidrogéis de polissacarídeo: efeito da Carga iônica, presença de sais concentrações de monômeros e polissacarídeo. **Polímeros**, São Carlos, v. 22, n. 4, p. 311-317, 2012.

Brito, C. W. Q.; Rodrigues, F. H. A.; Fernandes, M. V. S.; Silva, L. R. D. Ricardo, N. M. P. S.; Feitosa, J. P. A.; Muniz, E. C. Síntese e caracterização de hidrogéis compósitos a partir de copolímeros acrilamida-acrilato e caulim: efeito da constituição de diferentes caulins do nordeste brasileiro. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 40-45, 2013.

Cardoso, M. J.; Ribeiro, V. Q. Desempenho agrônômico do feijão caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamento entre linhas e densidade de plantas sob regime de sequeiro. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza v. 37, n. 1, p. 12-105, 2006.

Cargnin, A. **Melhoramento de plantas: progresso genético e ambiental**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007.

Acompanhamento da safra brasileira de grãos (Conab). **Acompanhamento de safra brasileira de grãos, v. 3: safra 2015/2016: 11° levantamento.** 2016. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_09_09_00_07_boletim_graos_agosto_2016_.pdf>. Acesso em: 23 Set. 2016.

Dranski, J. A. L. et al. Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansão em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 537-542, 2013.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3ª ed. Brasília, DF: EMBRAPA. 2013. 353 p.

Food and agriculture organization (FAO). **Countries by commodity.** 2016. Disponível em:<<http://faostat.fao.org/site/437/default.aspx>>. Acesso em: 20 Set. 2016.

Ferreira, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

Freire Filho, F. R. **Feijão caupi no Brasil : produção, melhoramento genético, avanços e desafios.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.

INMET: **Instituto Nacional de meteorologia.** Available at: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_outo_graf. Acesso em: 8 Ago 2016.

Krušić, K.; Milosavljević, N. B.; Filipović, J. M. Preparation and characterization of pH-sensitive hydrogels based on chitosan, itaconic acid and methacrylic acid. **Polymer International**, Londres, v. 60, n. 3, p. 443-452, 2011.

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

Mendonça, T. G.; Urbano, V. R.; Cabral, F. F. P.; Bacalhau, F. B.; Souza, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

Moraes, W. B.; Filho, S. M.; Garcia, G. O.; Caetano, S. P.; Moraes, W. B. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro tolerantes à seca. **Revista Brasileira de Ciência Agrárias**, Recife, v. 3, n. 2, p. 121-125, 2008.

Nascimento, S. P.; Bastos, E. A.; Araújo, E. C. E.; Ferreira Filho, F. R.; Silva, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011.

Oviedo, I. R.; Mendez, N. A. N.; Gomez, M. P. G.; Rodriguez, H. C.; Martinez, A. R. Design of a Physical and Nontoxic Crosslinked Poly (Vinyl Alcohol) Hydrogel. **Journal International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials**, Londres, v. 57, n. 12, p. 1095-1103, 2008.

Régis, E. B. M.; Siqueira, I. T. D.; Eloi, D. C. M. **Desempenho de Feijão caupi em solo contendo hidrogel sob a associação de fósforo**. In: XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão - UFRPE, 13., 2013, Recife. *Resumo...* Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013. p. 1-3.

Rui, L.; Mingzhu, L.; Lan, W. Controlled release NPK compound fertilizer with the function of water retention. **Reactive and Functional Polymers**, Amsterdam, v. 67, n. 9 p. 769-779, 2007.

Scherer, A. L.; Ribon, A. A.; Fernanda, K, L.; Efeito de diferentes épocas e doses de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro cultivado em Campo Grande – MS. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 8, n. 2, p. 162-171, 2015.

Silva, E. F. da; Barros Júnior, A. P.; Silveira, L. M. da. Santana, F. M. de S. Santos, M. G. dos. Avaliação de cultivares de feijão caupi irrigado para produção de grãos verdes em Serra Talhada – PE. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 1, p. 21-26, 2013.

TAIZ, L., ZEIGER, E. (Eds.). **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. p. 719.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 63, n. 22, p. 16, 2008.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DO HIDROGEL NO FEIJÃO CAUPI CULTIVADO SOB ESTRESSE HÍDRICO

RESUMO

O feijão caupi deixou de ser uma cultura voltada só para agricultores familiares e hoje é cultivado por médios e grandes produtores, nas regiões Norte e Nordeste, devido à sua adaptação às condições edafoclimáticas. Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência da utilização do hidrogel na retenção e disponibilização de água para o desenvolvimento e produção da cultura do feijão caupi quando submetido a estresse hídrico. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial de 5 x 2, sendo cinco concentrações (0, 5, 10, 15 e 20 kg ha⁻¹) e duas fontes de hidrogéis (Hydroplan-EB HyC e Polim-Agri). A cultivar de feijão caupi utilizada foi BRS Vinagre. Foram avaliadas as características: número de vagens por plantas; número de grãos por vagem; comprimento de vagens; massa de cem grãos e produtividade de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância, com aplicação do teste F. Realizou-se a análise de regressão, com auxílio do sistema computacional SISVAR. O uso de hidrogel mostrou-se uma alternativa para redução de perdas resultantes da ação do estresse hídrico; As concentrações de hidrogéis entre 15 e 18 kg ha⁻¹ resultaram em maior número de vagens por plantas, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e produtividades de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata* (L.) Walp; Manejo; Condicionador de solo; Seca.

INFLUENCE OF HYDROGEL IN CAUPI BEANS CULTIVATED UNDER WATER STRESS

ABSTRACT

Cowpea is no longer a family-oriented crop. Today it is cultivated by medium and large farmers in the North and Northeast, due to their adaptation to edaphoclimatic conditions. The objective of this work was to evaluate the efficiency of hydrogel utilization in the retention and availability of water for the development and production of Caupi beans when subjected to water stress. The experiment was conducted in a randomized block design with four replications in a 5 x 2 factorial scheme, with five concentrations (0, 5, 10, 15 and 20 kg ha⁻¹) and two sources of hydrogels (Hydroplan-EB HyC and Polim-Agri). The cowpea cultivar used was BRS Vinegar. The following characteristics were evaluated: number of pods per plant; Number of grains per pod; Pod length; one hundred grain mass and grain yield. The data were submitted to analysis of variance, with application of the test F. Regression analysis was performed with the help of the SISVAR computer system. The use of hydrogel was an alternative to reduce losses resulting from the action of water stress; The concentrations of hydrogels between 15 and 18 kg ha⁻¹ resulted in higher number of pods per plant, number of grains per pod, mass of one hundred grains and yields of grains.

Key words: *Vigna unguiculata* (L.) Walp; Management; Soil conditioner; Dry.

INTRODUÇÃO

O feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é uma leguminosa originária da África, e de fácil adaptação a regiões quentes, é bastante cultivada nas regiões tropicais dos continentes africanos, asiáticos e americanos. O Brasil vem se destacando como o terceiro produtor mundial de feijão caupi com 11,5 milhões de hectares plantados e rendimento médio de 317 kg ha⁻¹. É cultivado nas regiões Norte e Nordeste, onde tem uma grande importância como fonte geradora de emprego e renda e constitui-se em um dos principais componentes da alimentação humana dessas regiões (BEZERRA et al., 2008).

Devido à característica de ampla adaptação às condições edafoclimáticas, a cultura deixou de ser voltada somente para agricultores familiares, tornando-se importante opção de cultivo para médios e grandes produtores. O cultivo do feijão caupi surgiu como opção de cultivo, com a consolidação da nova fronteira agrícola denominada MATOPIBA, já é a quarta maior produtora de grãos do país (CONAB 2014). Os agricultores têm introduzido o feijão caupi na “safrinha”, após a colheita da soja ou arroz (terras de primeiro ano), no final da estação das chuvas. Nessas condições, o caupi desenvolve-se bem por ter um ciclo vegetativo curto, ser pouco exigente em nutrição e pouco exigente a demanda de água, utilizando os nutrientes residuais da cultura antecessora, garantindo renda extra aos agricultores (ZILLI et al., 2006).

Segundo Alves et al. (2009) a produtividade média do feijão caupi no Brasil é, em média, de 400 a 500 kg ha⁻¹, muito abaixo do seu potencial produtivo que está estimado em 6.000 kg ha⁻¹. No decorrer dos últimos anos, a produção tem apresentado variações importantes principalmente em regiões cujos processos produtivos estão diretamente dependentes do clima. Assim, um ano de distribuição pluviométrica regular quase sempre é seguido de um de distribuição irregular, com reflexos diretos na produção, efeito comumente observado no cultivo de sequeiro, responsável por mais de 70% da produção média anual (CARDOSO e RIBEIRO, 2006).

A deficiência hídrica é uma situação comum a muitas culturas e constitui-se em um dos fatores que mais afetam a produção agrícola, influenciando praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento vegetal (DAMATTA, 2007). Os danos provocados pelo estresse hídrico variam conforme duração, intensidade,

frequência, época de ocorrência e cultivar. A frequência e a intensidade da deficiência hídrica estão entre os principais fatores limitantes da produção agrícola mundial.

Novas técnicas têm sido estudadas visando tornar viável o cultivo de cultivares anuais em regiões que enfrentam adversidades climáticas. Os hidrogeis são definidos como redes poliméricas tridimensionais que podem reter uma quantidade significativa de água dentro de sua própria estrutura e inchar, sem a dissolução (KAEWPIROM e BOONSANG, 2006; RUI et al., 2007). Neste contexto, podem ser interessantes, atuando como reguladores da disponibilidade de água para as culturas, aumentando a produtividade local e minimizando os custos de produção. Sua adição no solo otimiza a disponibilidade de água, reduz as perdas por percolação e lixiviação de nutrientes e melhora a aeração e drenagem do solo, acelerando o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas (LAMONT e O'CONNELL, 1987).

No Brasil alguns polímeros hidroretentores têm sido utilizados na produção de frutas, hortaliças e mudas de diversas espécies, tal como na formação de gramados em jardins, campos de futebol e de golfe, também recomenda-se a utilização para cultivo de culturas anuais, como soja, milho, arroz, feijão entre outros. No entanto, as informações científicas de seu uso como condicionadores de solo são poucas, sendo necessário conhecer e quantificar a contribuição advinda da aplicação desses polímeros na disponibilidade de água em diferentes tipos de solo (OLIVEIRA et al., 2004). Desta forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar a eficiência da utilização do hidrogel na retenção e disponibilização de água para o desenvolvimento e produção da cultura do feijão caupi quando submetido a estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no sul do Estado do Tocantins, na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, no dia 26/01/2016, período da safra de 2015/2016, localizada a latitude de 11° 43' 45" S e longitude de 49° 04' 07" W, a 280 m de altitude. De acordo com Embrapa (2013) o solo é classificado em Latossolo Vermelho – Amarelo distrófico. Segundo o sistema de classificação de Köppen. (1948) o clima da região é do tipo mesotérmico com

chuvas de verão e inverno seco. Os dados climáticos referentes ao período de condução dos experimentos encontram-se na Figura 1.

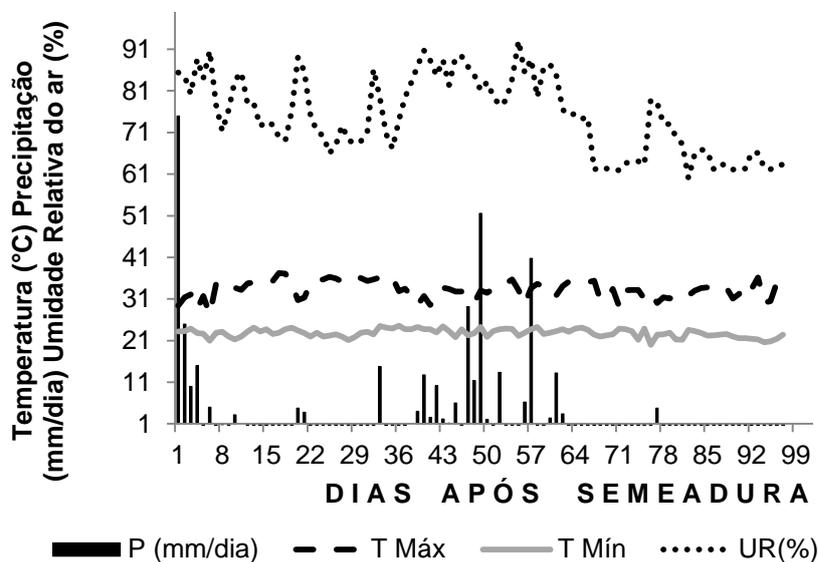


Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperaturas máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar (%), ocorridas durante cultivos de feijão caupi sobre influência do hidrogel, na safra 2015/2016 (IMET, 2016).

Anterior à instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo da camada de 0-20 cm para a caracterização dos atributos químicos e físicos do mesmo. A análise do solo indicou os valores de pH em $\text{CaCl}_2 = 5,3$; M.O (%) = 1,7; P (Mehlich) = $10,4 \text{ mg dm}^{-3}$; K = 71 mg dm^{-3} ; Ca+Mg = $2,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H+Al = $2,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al = $0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; SB = $2,98 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V = 58%; 715 g kg^{-1} de areia; 50 g kg^{-1} de silte e 235 g kg^{-1} de argila.

Para a realização do estudo foi usado o cultivar de feijão caupi BRS Vinagre, com diferentes concentrações de hidrogel e fontes do produto comercial (hidrogel - condicionador de solo que retém água e nutriente para as plantas). O delineamento estatístico adotado foi em blocos ao acaso com 4 repetições, num esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro concentrações do produto (0, 5, 10, 15 e 20 kg ha^{-1}) e duas fontes de hidrogeis (Hydroplan e Polim-Agri).

Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 4,0 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m. Como área útil utilizou-se as duas linhas centrais

desprezando-se 0,50 m das extremidades de cada linha e eliminando as duas linhas laterais, colhendo-se linhas de 3,0 m de comprimento, numa área de 3,0 m².

As sementes foram submetidas ao tratamento de sementes com produto comerciais indicados para a cultura. Realizou-se a adubação de base de acordo com a análise de solo e posteriormente, adicionou-se o hidrogel hidratado na proporção de 1 grama de produto para 400 ml de água e aplicou-se em cada linha de semeadura. Os tratamentos culturais seguiram conforme a necessidade da cultura.

Para verificar o efeito do hidrogel no desenvolvimento e produção do feijão foram avaliadas as características: número de vagens por planta - obtido pela contagem do número total de vagens por planta de cinco plantas escolhidas aleatoriamente na unidade experimental; número de grãos por vagem - obtido pela contagem do número total de grãos oriundos de 20 vagens; massa de cem grãos - obtida de uma amostra de 100 sementes por parcela e corrigindo a umidade para 13%; produtividade de grãos - em gramas, obtida após a colheita, debulha e pesagem dos grãos, corrigindo para 13% de umidade e convertido para kg ha⁻¹.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F, foi aplicado o teste de regressão utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando o resumo da análise de variância (Tabela 1), nota-se que houve efeito significativo apenas para variável concentração de hidrogel. Não foi observado efeito significativo para fontes de hidrogel e interação (concentração x fonte) em nenhuma das características avaliadas devido, provavelmente, a similaridade dos polímeros, quanto a sua granulometria, estrutura da cadeia polimérica, densidade de reticulantes, quantidade de acrilamida entre outros. Brito et al. (2013) explicam que o processo de intumescimento de um hidrogel é governado por fatores físicos intrínsecos à rede 3D e a fatores externos. Alguns fatores físicos, tais como, presença de grupos hidrofílicos na estrutura da cadeia polimérica, menor densidade de crosslinking e alta flexibilidade da rede polimérica, contribuem para um maior intumescimento do material.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para número de vagens por plantas (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos (PROD), em feijão caupi com cinco concentrações e duas fontes de hidrogéis. Gurupi, TO. 2015/2016.

F.V.	G.L.	NVP	NGV	M100	PROD
Repetição	3	3.542	65.025	0.729	874,726
Fontes	1	0.105 ^{ns}	3028.96 ^{ns}	0.003 ^{ns}	195.983 ^{ns}
Concentração	4	7.339 ^{ns}	3028.962 ^{**}	0.964 ^{**}	19594.523 ^{**}
C x F	4	0.109 ^{ns}	34.212 ^{ns}	0.023 ^{ns}	74.224 ^{ns}
Resíduo	27	10.178	4074.184	0.201	299.971
C. V. (%)		3.8	8.6	3.45	5.33
Média geral		8.373	167.720	13.036	325.086

^{ns} não significativo; ^{*} significativo para $P \leq 0,01$; ^{**} significativo para $P \leq 0,05$ pelo teste F.

Observando a característica números de vagens por planta nota-se resposta quadrática para ambos polímeros testados (Figura 2). A concentração de 15 kg ha⁻¹ foi responsável por maior incremento na característica avaliada, obtendo média de 9,21 e 9,35 vagens por planta, resultando assim, em incremento de 35 e 38% em relação à testemunha, para hidrogel 1 e 2, respectivamente. Vale ressaltar que mesmo a menor concentração do polímero testado favoreceu um incremento de 25 e 21,2% em relação à testemunha. Mendes et al. (2007), estudando dois cultivares de feijão caupi que foram submetido a deficiência hídrica do 10º ao 44º dia após a semeadura (fase vegetativa), obtiveram média de 4,50 vagens por planta. Ao observar a figura 1 nota-se um severo déficit hídrico de 26 dias na fase vegetativa (10 DAE). O estresse na fase vegetativa provoca alterações como redução do potencial hídrico foliar, fechamento estomático, diminuição da taxa fotossintética, redução da parte aérea, aceleração da senescência, abscisão das folhas, reduz o crescimento das plantas e conseqüentemente afeta os fatores de produção de uma planta (FERRARI et al., 2015, PEREIRA et al., 2012).

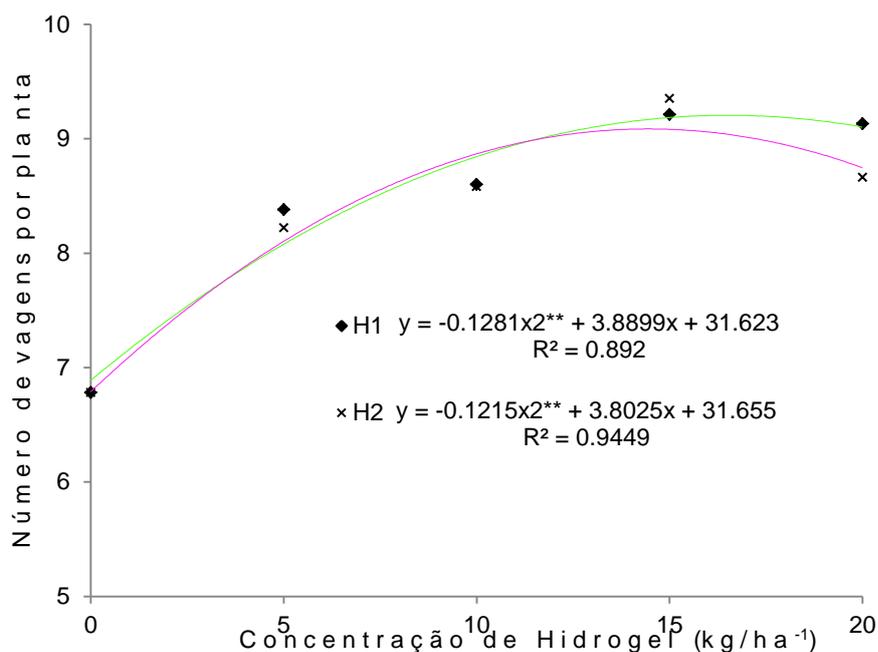


Figura 2. Número vagens por planta de feijão caupi cultivar BRS Vinagre submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha⁻¹) e produtos comerciais (H1: Hydroplan; H2: Polim-agri). ^{ns} não significativo; ^{**} significativo para P ≤ 0,01; ^{*}Significativo para P ≤ 0,05 pelo teste F.

Quanto a característica número de grãos por vagem (Figura 3) semelhante ao que ocorreu com o número de vagens por planta, observa-se um acréscimo para característica até a concentração de 15 kg ha⁻¹, com rendimento de 15,66 e 16,6 grãos por vagens para os hidrogéis 1 e 2, ajustando assim resposta quadrática para ambos polímeros avaliados. O feijão caupi obteve incremento de 14 e 21% em números de grãos quando comparado à testemunha. Freitas et al. (2013) ao submeter a cultura do feijão caupi a 18 dias de estresse hídrico sob duas diferenças formas de cultivo (plântio direto e convencional) obeteram 8,7 e 5,9 vagens por planta, respectivamente. Vale ressaltar que o sistema de plântio direto é considerado uma ferramenta na diminuição de risco que o déficit hídrico causa nas culturas, entretanto, a utilização do hidrogel como alternativa de minimização do estresse hídrico na cultura do feijão caupi mostrou-se 90% mais eficiente no incremento de número de vagens por planta do que o sistema de plântio direto no trabalho supracitado, evidenciando assim a eficiência dos hidrogéis em disponibilizar água para as plantas em ambientes de estresse hídrico. Azevedo et al. (2002) explicam que os polímeros hidroretentores funcionam como alternativa para situações em que

não haja disponibilidade de água no solo, circunstâncias de estresse hídrico ou em longos períodos de estiagem, ocasiões em que a baixa umidade do solo afeta, de forma negativa, o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

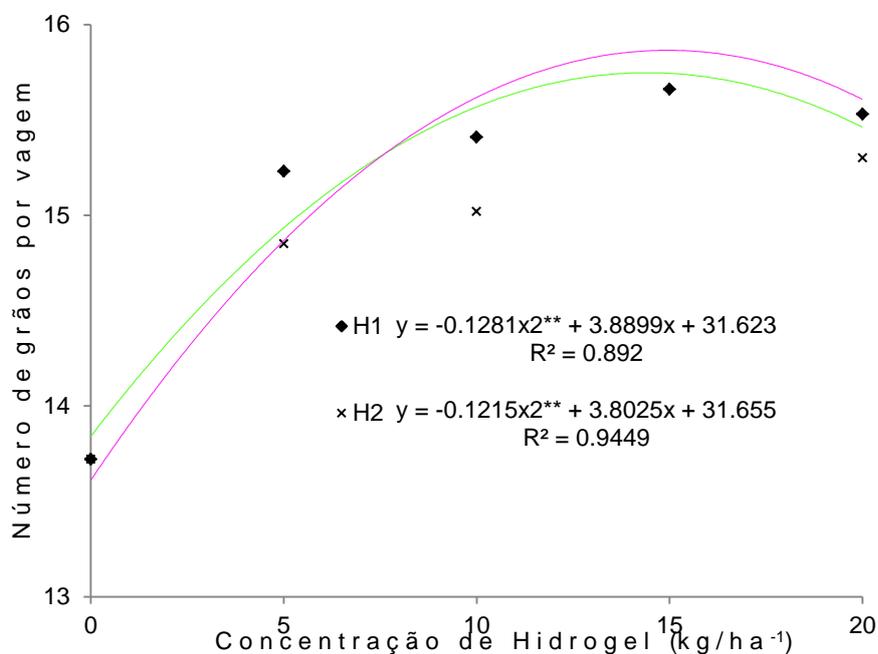


Figura 3. Número de grãos por vagem de feijão caupi cultivar BRS Vinagre submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha⁻¹) e produtos comerciais (H1: Hydroplan; H2: Polim-agri). ^{ns} não significativo; ^{**} significativo para P ≤ 0,01; ^{*}Significativo para P ≤ 0,05 pelo teste F.

Analisando a característica massa de cem grão (figura 4) observa-se acréscimo até a concentração de 15 kg ha⁻¹, atingindo massa 13,41 e 13,30 g em cem grãos para hidrogel 1 e 2, respectivamente. Observando a Figura 1, nota-se um segundo estresse hídrico severo na fase reprodutiva (enchimento de grão) 65 dias após a emergência (DAE), totalizando um acumulado de 35 dias sem chuvas significativas (acima de 5 mm), portanto, a utilização dos polímeros hidrotentores mostra-se eficiente ao proporcionar um incremento de 28 e 23% para hidrogel 1 e 2 quando comparado com a testemunha (concentração 0) quando submetida ao estresse hídrico na fase reprodutiva. Morando et al. (2014) afirmam que a disponibilidade da água é importante, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento das culturas, germinação-emergência e floração-enchimento de grãos.

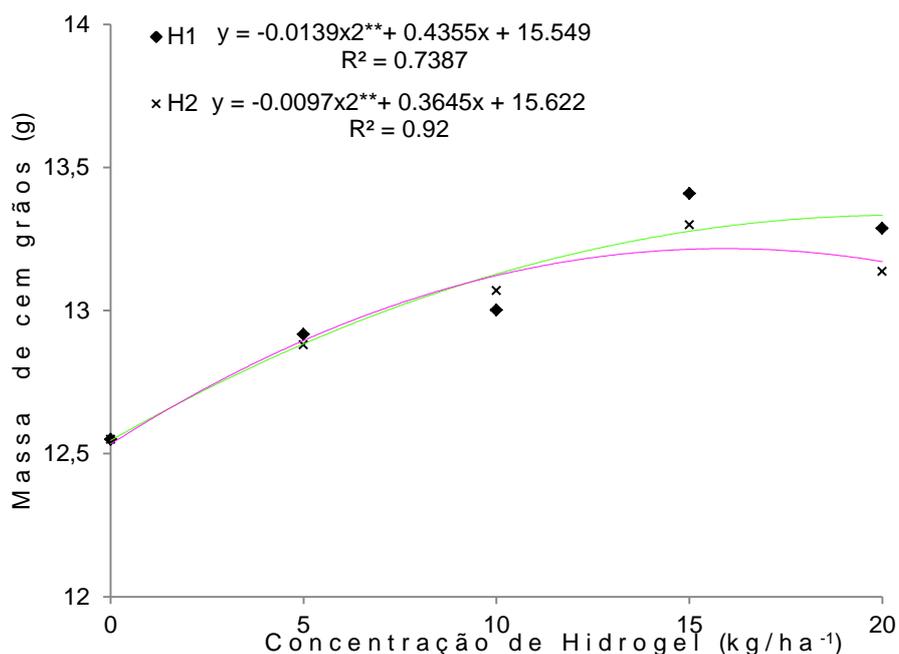


Figura 4. Massa de cem grãos de feijão caupi cultivar BRS Vinagre submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha⁻¹) e produtos comerciais (H1: Hydroplan; H2: Polim-agri). ^{ns} não significativo; ^{**} significativo para P ≤ 0,01; ^{*}Significativo para P ≤ 0,05 pelo teste F.

Para característica produtividade de grãos (Figura 5), nota-se comportamento quadrático com incremento na produção até a concentração de 15,8 kg ha⁻¹, com médias de 380 e 394 kg ha⁻¹, para hidrogel 1 e 2, respectivamente, representando um aumento de 52 e 58% quando comparado à testemunha. Ramos et al. (2014) encontraram redução na produtividade acima de 77% em dois cultivares de feijão caupi cultivados sob intenso estresse hídrico. Nascimento et al. (2011) e Endres et al. (2010) concluíram que cultivares de feijão caupi cultivados sob déficit hídrico nas fases vegetativas e enchimento de grão apresentaram forte redução no potencial hídrico foliar, concorrendo para um elevado fechamento estomático, resultando em menor produção de fotoassimilados evidenciando menor produtividade.

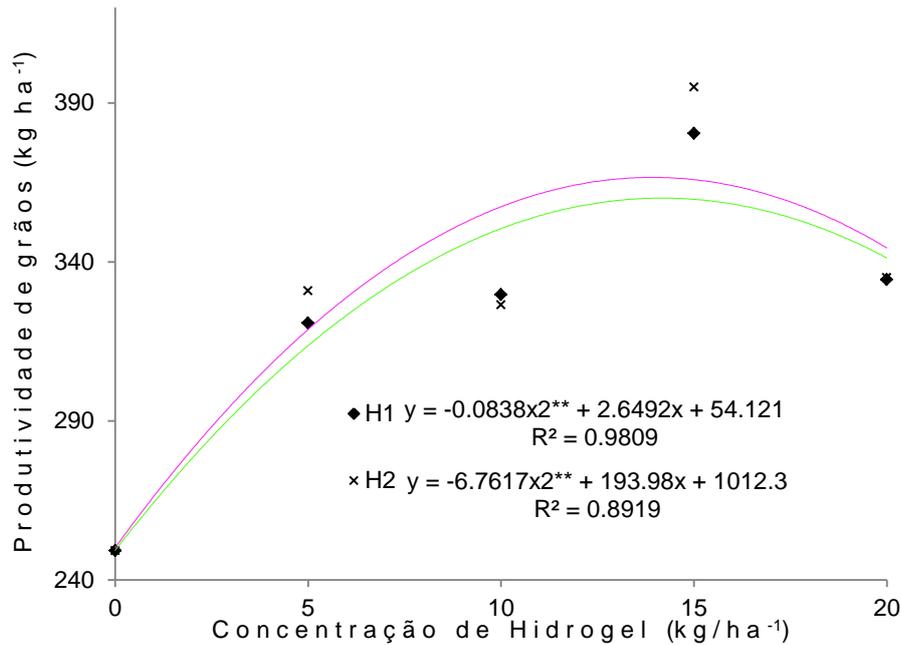


Figura 5. Produtividade de grãos de feijão caupi cultivar BRS Vinagre submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha⁻¹) e produtos comerciais (H1: Hydroplan; H2: Polim-agri). ^{ns} não significativo; ^{**} significativo para P ≤ 0,01; ^{*}Significativo para P ≤ 0,05 pelo teste F.

Portanto, considerando os dois intensos déficit hídrico (fase vegetativa e reprodutiva) ao qual a cultura do feijão caupi foi submetida, torna-se evidente a eficiência dos polímeros hidroretentores na disponibilização de água para as plantas. Esses resultados corroboram Mendonça et al. (2013), que afirmam que polímeros hidroretentores atuam na disponibilização regulada de água para as culturas durante estresse hídrico, aumentando assim a produtividade e minimizando custos de replantação das culturas.

Outro fator incomum para todas as características avaliadas é o decréscimo no incremento na concentração de 20 kg ha⁻¹. Dois fatores podem estar colaborando para este efeito negativo da concentração elevada o excesso de água durante o intenso período chuvoso, que associado a água retida no polímero pode, ter atrapalhado a aeração do solo e o desenvolvimento das raízes. Hafle et al. (2008) e Sousa et al. (2013) afirmam em seus estudos que o desenvolvimento das raízes das mudas de plantas perenes tende a decrescer devido ao excesso de água provocado pelas elevadas concentrações do polímero, diminuindo a aeração do substrato; outro fator pode estar relacionado com altas concentração de polímeros hidroretentores

causarem alteração na condutividade elétrica e pH do solo, o que pode limitar absorção de alguns nutrientes. Navroski et al. (2016) afirmaram que as maiores concentrações do polímero hidroretentor provoca aumento da condutividade elétrica devido ao acúmulo de sais retido no polímero e o aumento do pH no substrato de mudas florestais.

CONCLUSÕES

O uso de hidrogel é uma alternativa para redução de perdas resultantes da ação do estresse hídrico;

As concentrações de hidrogéis entre 15 e 15,8 kg ha⁻¹ resultaram em maior altura de plantas, número de vagens, massa de cem grãos e produtividades de grãos.

REFERÊNCIAS

Alves, J. M.; Araújo, N. P.; Uchôa, S. C. P.; Albuquerque, J. A. A.; Silva, A. J.; Rodrigues, G. S.; Silva, D. C. O. Avaliação agroecônômica da produção de cultivares de feijão caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 3, n. 1, p. 15-30, 2009.

Azevedo, T. L. F.; Bertonha, A. ; Gonçalves, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 1, p. 23-31, 2002.

Bezerra, A. A. C.; Távora, J. F. A. F.; Freire Filho, F. R.; Ribeiro, V. Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão, v. 8, n. 1, p. 85-93, 2008.

Brito, C. W. Q.; Rodrigues, F. H. A.; Fernandes, M. V. S.; Silva, L. R. D. Ricardo, N. M. P. S.; Feitosa, J. P. A.; Muniz, E. C. Síntese e caracterização de hidrogéis compósitos a partir de copolímeros acrilamida-acrilato e caulim: efeito da constituição de diferentes caulins do nordeste baseleiro. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 40-45, 2013.

Cardoso, M. J.; Ribeiro, V. Q. Desempenho agrônômico do feijão caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamento entre linhas e densidade de plantas sob regime de sequeiro. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 12-105, 2006.

CONAB. Boletim de monitoramento Agrícola safra 2013/2014 região do MATOPIBA. V: 3, n: 1, 2014.
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_09_10_40_53_boletim_a14_v03_n01_p1.pdf

Damatta, F. M. Ecophysiology of tropical tree crops: an introduction. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.19, n.4, p.239-244, 2007.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed. Brasília, DF: EMBRAPA. 2013. 353 p.

Endres, L.; Souza, J. L.; Teodoro, L.; Marroquim, P. M. G.; Santos, C. M.; Brito, J. E. D. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 1 p. 11-16, 2010.

Ferrari, E.; Paz, A.; Silva, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.

Ferreira, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

Freitas, R. M. O.; Dombroski, J. L. D.; Freitas, F. C. L.; Nogueira, N. W.; Procópio, I. J. S. Produção de feijão caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3683-3690, 2013.

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

Köppen, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf. Acesso em: 08/08/2016.

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**, Recife, v.3, n.3, p.232-236, 2008.

Lamont, G. P.; O'Connell, M.A. Shelf-life of bedding plants as influenced by potting media and hydrogels. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 31, n. 1-2, p. 141-149, 1987.

Nascimento, S. P.; Bastos, E. A.; Araújo, E. C. E.; Ferreira Filho, F. R.; Silva, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n.8, p.853-860, 2011.

Navroski, C. M; Araújo, M. M; Pereira, A. O. P; Fior, C. S. Influência do polímero hidrorretentor nas características do substrato comercial para produção de mudas florestais. **Interciencia**, Caracas, v. 41, n. 5, p. 357-361, 2016.

Mendes, R. M. S.; Távora, F. J. A. F.; Pitombeira, J. B.; Nogueira, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão de corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 95-103, 2007.

Mendonça, T. G.; Urbano, V. R.; Cabral, F. F. P.; Bacalhau, F. B.; Souza, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

Morando, R.; Silva, A. O.; Carvalho, L. C.; Pinheiro, M. P.M. A. Déficit Hídrico: Efeito sobre a Cultura da Soja. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. especial, p. 114-129, 2014.

Oliveira, R. A.; Rezende, L. S.; Martinez, M. A.; Miranda, G. V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p.160-163, 2004.

Pereira, J. W. L.; Filho Melo, P. A.; A, M. B.; Nogueira, R. J. M. C.; Santos, R. C. Mudanças bioquímicas em s de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 4, p. 766-773, 2012.

Ramos, H. M. M.; Bastos, E. A.; Cardoso, M. J.; Ribeiro, V. Q.; Nascimento, F. N. Produtividade de grãos verdes do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenheira Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 683-694, 2014.

Rui, L.; Mingzhu, L.; Lan, W. Controlled release NPK compound fertilizer with the function of water retention. **Reactive and Functional Polymers**, Amsterdam, v. 67, n.7, p. 769-779, 2007.

Sousa, G. T. O.; Azevedo, G. B.; Sousa, J. R. L.; Mews, C. L. Souza, A. M. Incorporação de polímero hidroretentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.16, p. 1270-1278, 2013.

Zilli, J. E.; Valicheskir, R.; Rumjanek, N. G.; Simões-Araújo, J. L.; Freire Filho, F. R., Neves, M. C. P. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 811-818. 2006.

CAPÍTULO 3

INFLUÊNCIA DO USO DO HIDROGEL NO CULTIVO DA SOJA SOB ESTRESSE HÍDRICO

RESUMO

Dentre os fatores de produção agrícola, o déficit hídrico é um dos principais motivos que mais limita a produção de soja no Brasil. Afim de amenizar os prejuízos por estresse hídrico nas plantas, os hidrogéis surgem como condicionadores de água no solo, já são polímeros capazes de absorver grande quantidade de água e estão sendo utilizados como alternativa viável para melhorar o armazenamento de água em áreas de escassez. Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência da utilização do hidrogel na retenção e disponibilização de água para o desenvolvimento e produção da cultura da soja quando submetido a estresse hídrico. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial de 5 x 2, sendo cinco concentrações (0,5,10,15 e 20 kg ha⁻¹) e duas fontes de hidrogéis (Hydroplan-EB HyC e Polim-Agri). A cultivar de soja utilizada foi Mon Soy 8644. Foram avaliadas as características: altura das plantas; número de vagens por plantas; massa de 100 sementes e produtividade de grãos. O uso de hidrogel mostrou-se uma alternativa para redução de perdas resultantes da ação do estresse hídrico. As concentrações de hidrogéis entre 14 e 18 kg ha⁻¹ resultaram em maior altura de plantas, número de vagens, massa de cem grãos e produtividades de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max* (L.); Manejo; Condicionador de solo; Seca; Cerrado; Veranico.

INFLUENCE OF HYDROGEL USE ON SOYBEAN CULTIVATION HYDRICAL STRESS

ABSTRACT

Among the agricultural production factors, the water deficit is one of the main reasons that most limits soy production in Brazil. In order to mitigate losses due to water stress in the plants, hydrogels appear as soil water conditioners, they are already polymers capable of absorbing large amounts of water and are being used as a viable alternative to improve the storage of water in areas of scarcity. The objective of this work was to evaluate the efficiency of hydrogel utilization in the retention and availability of water for the development and production of soybean when subjected to water stress. The experiment was conducted in a randomized complete block design with four replications, in a 5 x 2 factorial scheme, with five concentrations (0.5, 10.15 and 20 kg ha⁻¹) and two sources of hydrogels (Hydroplan-EB HyC and Polim-Agri). The soybean cultivar used was Mon Soy 8644. The following characteristics were evaluated: plant height; Number of pods per plant; Mass of 100 seeds and grain yield. The use of hydrogel was an alternative to reduce losses resulting from the action of water stress. Hydrogen concentrations between 14 and 18 kg ha⁻¹ resulted in higher plant height, number of pods, one hundred grain mass and grain yields.

Key words: Glycine max (L.); Management; Soil conditioner; Dry; Thick; Short drought.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), pertencente à família das leguminosas e sub-família fabaceae, é a oleaginosa mais cultivada no mundo e base da alimentação de diversos povos, representando importante fonte de matéria-prima para a indústria e alimentação humana e animal, sendo uma das “commodities” mais importantes para geração de balança comercial favorável (FRANCO & HAMAWAKI, 2009; VENTUROSU et al., 2009).

O Brasil produziu cerca de 96,434 mil toneladas de soja na safra 2015/2016, com o MATOPIBA produzindo cerca de 7 mil toneladas e o Tocantins apresentando produção de cerca de 1686,7 mil toneladas, em área aproximada de 870,8 mil hectares, com produtividade de aproximadamente 1937 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016).

O Estado do Tocantins apresenta grande potencial produtivo e encontra-se em plena expansão, apresenta boa disponibilidade hídrica e disponibilidade de áreas para cultivo. Porém, mesmo com prognósticos positivos, existem muitos desafios a serem superados, já que, grande parte das lavouras de soja estão localizada na Região dos Cerrados. Neste ecossistema, durante a estação chuvosa, quando é feito o cultivo, a distribuição das chuvas é irregular, sendo comum, nas áreas classificadas como de médio a alto risco climático, a ocorrência de estiagens de duas a três semanas, denominadas regionalmente como "veranicos". A baixa capacidade de retenção de água dos solos, aliada à alta demanda evapotranspirativa da atmosfera durante esses períodos, faz com que os veranicos causem sérios decréscimos na produtividade da soja (FERRARI et al., 2015).

A disponibilidade hídrica tem sido considerada o fator climático de maior efeito sobre a produtividade agrícola, uma vez que lavouras cultivadas sob estresse apresentam redução na germinação e vigor das sementes e das plântulas recém-emergidas. O estresse hídrico provoca alterações como a redução do potencial hídrico foliar, o fechamento estomático, a diminuição da taxa fotossintética, a redução da sua parte aérea, a aceleração da senescência, abscisão das folhas, dentre outras (FERRARI et al., 2015). Na fase vegetativa, reduz o crescimento da planta, diminuindo a área foliar e o rendimento dos grãos, podendo em muitos casos causar a morte da planta

(PEREIRA et al., 2012). Desta forma, a busca por novas técnicas e ou práticas culturais que possam minimizar os efeitos do estresse hídrico nas plantas, é de fundamental importância, afim de reduzir perdas das lavouras de soja e adequar a escassez dos recursos hídricos.

Neste contexto os hidrogéis surgem como condicionadores de água no solo, atuando como reserva de água para a planta, e disponibilizando a mesma em momentos de estresse hídrico, melhorando o desenvolvimento e produtividade das plantas (VENTUROLI & VENTUROLI, 2011). Os hidrogéis são definidos como, polímeros superabsorvente constituídos por uma ou mais redes tridimensionalmente estruturadas, formadas por cadeias macromoleculares interligadas por ligações covalentes (reticulações) ou interações físicas, que podem reter uma quantidade significativa de água dentro de sua própria estrutura e inchar, sem que ocorra dissolução do mesmo (RUI et al., 2007; AOUADA et al., 2008; OVIEDO et al., 2008). Esses polímeros tem contribuído para aumentar a capacidade de retenção de água, melhorar as propriedades do solo e reduzir lixiviação de nutrientes, permitindo a utilização mais efetiva dos recursos solo e água, contribuindo para melhorar o desenvolvimento e rendimento das culturas, atuando na redução do tempo de germinação, diminuição de mortalidade de plantas e melhor desenvolvimento do sistema radicular (AZEVEDO et al., 2002).

No Brasil alguns polímeros hidrorretentores têm sido utilizados na produção de frutas, hortaliças e mudas de diversas espécies, tal como na formação de gramados em jardins, campos de futebol e de golfe. No entanto, o uso desses polímeros superabsorventes no cultivo de plantas anuais ainda é um assunto pouco estudado, sendo necessário conhecer e quantificar a contribuição advinda da aplicação desses polímeros na disponibilidade de água dessas culturas. Portanto, objetivou-se com esse estudo avaliar a eficiência da utilização do hidrogel em diferentes concentrações, na retenção e disponibilização de água para o desenvolvimento e produção da soja durante seu cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no sul do Estado do Tocantins, na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, no dia 18/12/2015, safra 2015/2016, localizada a latitude de 11° 43' 45" S e longitude de 49° 04' 07" W, a 280 m de altitude. De acordo com Embrapa (2006) em solo classificado em Latossolo Vermelho – Amarelo distrófico. Segundo o sistema de classificação de Köppen (1948), o clima da região é do tipo mesotérmico com chuvas de verão e inverno seco. Os dados climáticos referentes ao período de condução dos experimentos encontram-se na Figura 1.

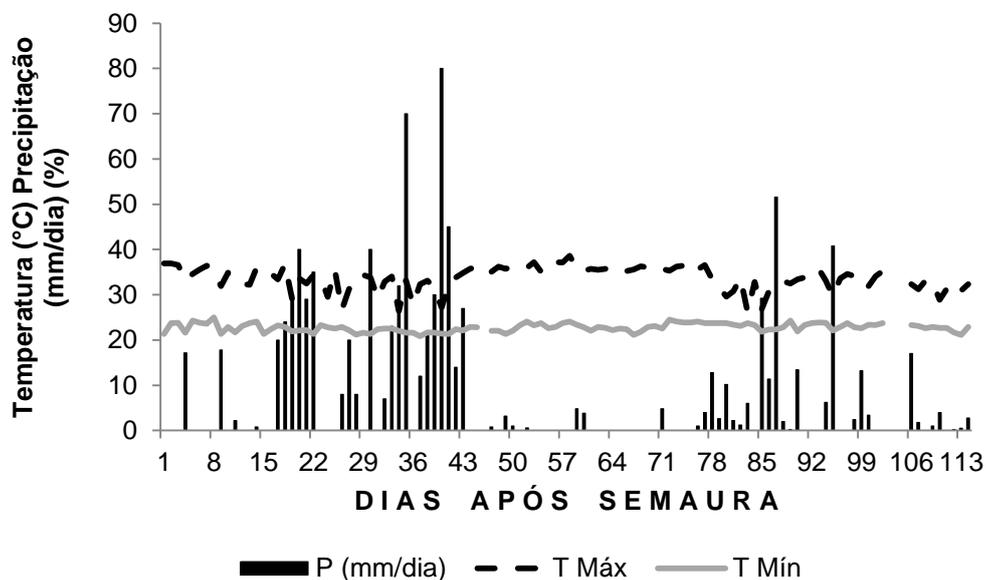


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e Temperaturas máxima e mínima (°C) ocorridas durante cultivos de soja sobre influência do hidrogel, na safra 2015/2016 (IMET, 2016).

Anterior à instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo da camada de 0-20 cm para a caracterização dos atributos químicos e físicos do mesmo. A análise do solo indicou os valores de pH em $\text{CaCl}_2 = 5,3$; M.O (%) = 1,7; P (Mehlich) = $10,4 \text{ mg dm}^{-3}$; K = 71 mg dm^{-3} ; Ca+Mg = $2,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H+Al = $2,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al = $0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; SB = $2,98 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V = 58%; 715 g kg^{-1} de areia; 50 g kg^{-1} de silte e 235 g kg^{-1} de argila.

Para a realização do estudo foi usado o cultivar de soja Mon Soy 8644 com diferentes concentrações de hidrogel e fontes do produto comercial (hidrogel - condicionador de solo que retém água e nutriente para as plantas).

O delineamento estatístico adotado foi em blocos ao acaso, com 4 repetições, num esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco concentrações do produto (0, 5, 10, 15 e 20 kg ha⁻¹) e duas fontes de hidrogéis (Hydroplan e Polim-Agri).

Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 4,0 m de comprimento, espaçadas de 1 m. Como área útil foi utilizada as duas linhas centrais desprezando-se 0,50 m das extremidades de cada linha, em uma área de 3,0 m².

As sementes foram tratadas com produto comerciais indicados para a cultura. Em seguida realizou a adubação de base de acordo com a análise de solo seguida da incorporação da adubação e, posteriormente, adicionado o hidrogel hidratado (cada grama de produto foi diluída em 400 ml de água) nas concentrações de 1g (5 kg ha⁻¹), 2g (10 kg ha⁻¹), 3g (15 kg ha⁻¹) e 4g (20 kg ha⁻¹) por linha de semeadura. Os tratos culturais foram realizados conforme a necessidade e recomendação para cultura.

Para verificar o efeito do hidrogel no desenvolvimento e produção da soja foram avaliadas as características: altura das plantas - distância, em cm, medida a partir da superfície do solo até a extremidade da haste principal da planta, obtida por meio de cinco plantas da área útil; número de vagens por plantas - obtida por meio das cinco plantas da área útil; massa de 100 sementes - obtida de uma amostra de 100 sementes por parcela e produtividade de grãos - em gramas, obtida após a colheita, debulha e pesagem dos grãos, corrigindo para 13% de umidade e convertido para kg ha⁻¹.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F, foi aplicado o teste de regressão utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando o resumo da análise de variância (Tabela 1), nota-se que houve efeito significativo na interação concentrações versus fontes para as características altura de plantas e produtividade de grãos evidenciando que os fatores são dependentes. Já para as características vagens por planta e massa de 100 grãos não houve efeito da interação mostrando que não há dependência entre os fatores avaliados. Não foi observado efeito significativo

para fontes de hidrogel em nenhuma das características avaliadas devido, provavelmente, a similaridade dos polímeros, quanto a sua granulometria, estrutura da cadeia polimérica, densidade de reticulantes, quantidade de acrilamida entre outros. Brito et al. (2013) explicam que o processo de intumescimento de um hidrogel é governado por fatores físicos intrínsecos à rede 3D e a fatores externos. Alguns fatores físicos, tais como, presença de grupos hidrofílicos na estrutura da cadeia polimérica, menor densidade de crosslinking e alta flexibilidade da rede polimérica, contribuem para um maior intumescimento do material. No entanto, analisando a fonte de variação concentrações, observa-se efeito significativo para as características massa de 100 grãos, número de vagens por planta e produtividade de grão.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT) massa de cem grãos (M100), número de vagens por planta (VP) e produtividade (PROD) em um cultivar de soja com cinco concentrações e duas fontes de hidrogéis. Gurupi, TO. 2015/2016.

F.V.	G.L.	ALT	P100	VP	PROD
Repetição	3	15,83	2,01	73,59	87448,2
Fontes	1	0,75 ^{ns}	0,11 ^{ns}	9,22 ^{ns}	38545,47 ^{ns}
Concentrações	4	311,987 ^{ns}	18,3 ^{**}	907,4 ^{**}	3179127,2 ^{**}
C x F	4	63,48 [*]	0,89 ^{ns}	3,4 ^{ns}	98017,78 ^{**}
Resíduo	27	22,35	0,75	38,22	20047,56
C. V. (%)		6,79	4,88	12,42	7,28
Média geral		69,66	17,76	49,77	1943,95

^{ns} não significativo; ^{**} significativo para $P \leq 0,01$; ^{*} significativo para $P \leq 0,05$ pelo teste F.

Quanto à altura de planta, observou-se comportamento quadrático para ambos os produtos analisados (Figura 2). As plantas de soja obtiveram maior média de altura de plantas (76,2 e 79,6 cm) na concentração de 15 kg ha⁻¹, obtendo um incremento de 38,8 e 45 % em relação a testemunha (concentração 0) para hidrogel 1 e hidrogel 2, respectivamente. Assim, o incremento na altura de plantas pode ser associado ação de retenção e disponibilização de água que os hidrogéis proporcionam às plantas em

momentos de estresse hídrico. Embora o regime pluviométrico tenha totalizado em média 915 mm durante o ciclo da cultura, pode-se observar na figura 1 que houve irregularidade na distribuição das chuvas nas áreas classificadas como de médio a alto risco climático. Segundo Azevedo et al. (2002), os polímeros hidroretentores funcionam como alternativa para situações em que não haja disponibilidade de água no solo, circunstâncias de estresse hídrico ou em longos períodos de estiagem, ocasiões em que a baixa umidade do solo afeta, de forma negativa, o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

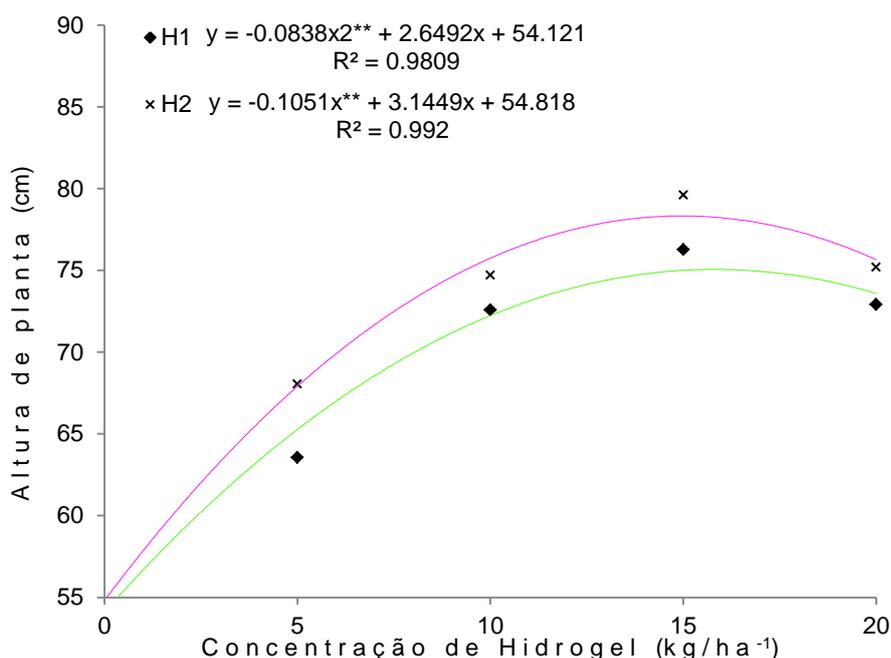


Figura 2. Altura de planta do cultivar de soja MSOY 8644 submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha⁻¹) e produtos comerciais (H1: Hydroplan; H2: Polim-agri). ^{ns} não significativo; ^{**} significativo para P ≤ 0,01; ^{*}Significativo para P ≤ 0,05 pelo teste F.

A água é considerada como o principal fator ambiental da regulação do crescimento e desenvolvimento de uma planta, assim, a habilidade para resistir à falta de água é de fundamental importância para a continuidade do seu ciclo de vida. Em decorrência do déficit hídrico, vários eventos fisiológicos são desencadeados na planta, como a redução do potencial hídrico foliar, o fechamento estomático que diminui a condutância estomática, provocando a redução da concentração interna de CO₂, e, conseqüentemente, diminuindo a taxa fotossintética (HONG-BO et al., 2008). Segundo Carneiro et al. (2011), a

água além de ser necessária ao crescimento das células, é um elemento essencial para a manutenção da turgescência. Sob deficiência hídrica, a primeira alteração que ocorre nas plantas é a diminuição de turgescência, levando imediatamente a diminuição do crescimento. Assim, a redução na sua parte área pode ser considerada como a primeira reação das plantas submetidas à falta d'água (FERRARI et al., 2015).

Quanto a massa de cem grãos (Figura 3), observa-se acréscimo nas médias independente da fonte de hidrogel até as concentrações de 15 e 18 kg ha⁻¹ para hidrogel 1 e 2, respectivamente, ajustando assim resposta quadrática para os polímeros avaliados. Houve incremento médio de 28 e 23,4% em relação a testemunha, aumento este que pode estar associado a disponibilidade de água fornecida pelos polímeros às plantas durante o período de estresse hídrico. Mendonça et al. (2013) afirmam que os polímeros hidroretentores surgem como alternativa, atuando como reguladores da disponibilidade de água para as culturas, aumentando a produtividade local e minimizando os custos de produção. Borrmann (2009), em estudos sobre as respostas fisiológicas da cultura da soja sob déficit hídrico, afirma que na fase de enchimento dos grãos da soja o estresse hídrico pode causar redução no tamanho e massa dos grãos além da retenção da cor verde, pois a falta de água prejudica a atividade das enzimas responsáveis pela degradação da clorofila, o que resulta em alto teor de grãos verdes.

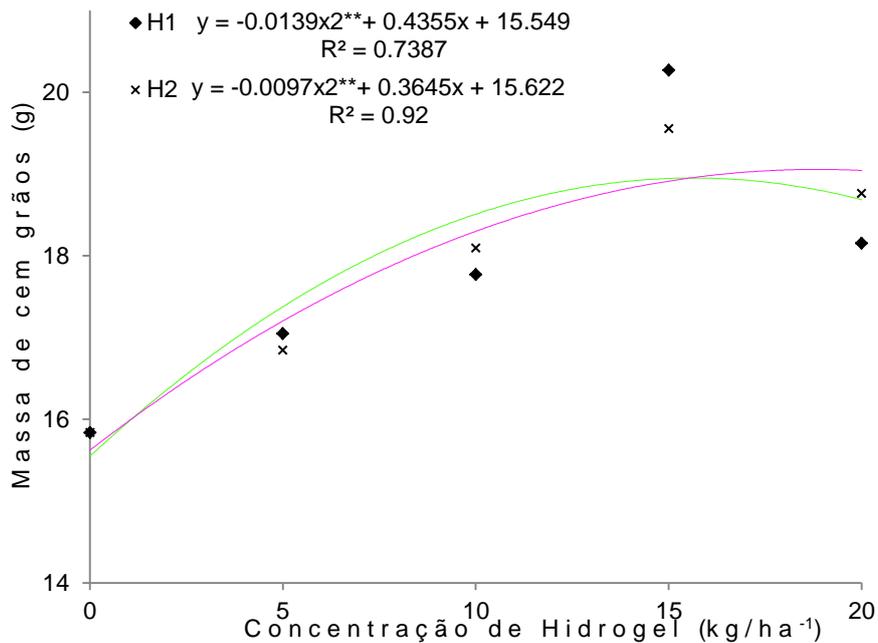


Figura 3. Massa de cem grãos do cultivar de soja MSOY 8644 submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha⁻¹) e produtos comerciais (H1: Hydroplan; H2: Polim-agri). ^{ns} não significativo; ^{**} significativo para P ≤ 0,01; ^{*}Significativo para P ≤ 0,05 pelo teste F.

Para a característica número de vagens por planta, observou-se para ambos os hidrogéis comportamento quadrático conforme acrescidas as concentrações do polímero (Figura 4), sendo a dosagem de 15 kg ha⁻¹ a que resultou em maiores médias, com 67,15 e 65, vagens por planta, produzindo cerca de 110 e 105,6 % a mais que a concentração 0, para hidrogel 1 e hidrogel 2, respectivamente, quando submetidas ao estresse severo de aproximadamente 33 dias sem água com temperaturas máximas variando entre 35 à 38° no início no florescimento. Fioreze et al. (2011) estudaram a mesma característica em três cultivares de soja submetidos a estresse hídrico intenso, porém, de curta duração na fase do florescimento em casa de vegetação no estado do Paraná, e observaram valores médios entre 59 e 52. Portanto, analisando a severidade do estresse hídrico ao qual, as plantas foram submetidas no presente trabalho, os hidrogéis mostraram-se eficientes em disponibilizar água às plantas e minimizar perdas de produção na cultura da soja. Mesmo com a utilização da menor concentração dos hidrogéis testados (5

g kg ha⁻¹), houve acréscimo 53 e 50%, respectivamente, em relação à testemunha.

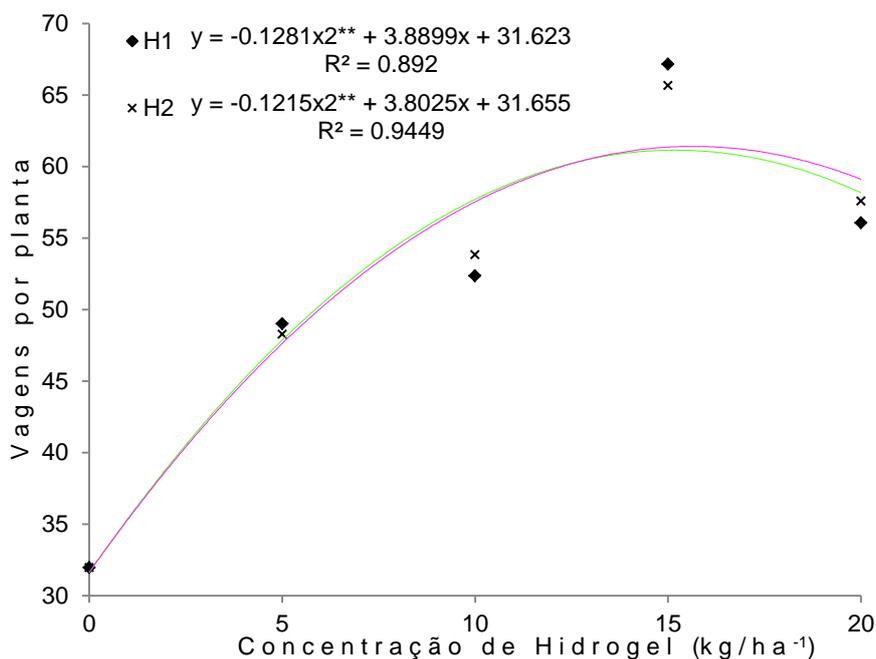


Figura 4. Vagens por planta do cultivar de soja MSOY 8644 submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha⁻¹) e produtos comerciais (H1: Hydroplan; H2: Polim-agri). ^{ns} não significativo; ^{**} significativo para P ≤ 0,01; ^{*}Significativo para P ≤ 0,05 pelo teste F.

A necessidade de água aumenta durante o desenvolvimento da cultura, atingindo o máximo no período de floração/enchimento de grãos. Analisando a Figura 1 observa-se intenso déficit hídrico na fase reprodutiva da cultura 44 (DAE), totalizando média de 33 dias sem chuvas significativas (acima de 5 mm), evidenciando assim o potencial dos polímeros hidroretentores, pois, favoreceram a absorção de água pela planta resultando em maior produção de vagens em seu período crítico. A ocorrência de abortamento de grandes quantidades de flores e vagens é comumente intensificada na cultura da soja quando submetida a estresse hídrico severo na fase reprodutiva (FIOREZE et al., 2013).

Quanto à produtividade de grãos, assim como às demais características avaliadas, também observou-se comportamento quadrático (Figura 5), sendo que, as plantas de soja apresentaram maiores médias de produtividade de grãos nas concentrações de 15 e 14 kg ha⁻¹, cerca de 2935,4 e 2866,6 kg ha⁻¹

para hidrogel 1 e hidrogel 2, respectivamente, equivalente a 110 e 105,6% a mais que a testemunha.

A safra 2015/2016 do Estado do Tocantins, bem como de muitas outras regiões do país, foi caracterizada por condições extremamente adversas de clima, sendo considerada a mais severa dos últimos anos, caracterizada por irregularidades e escassez das chuvas, com três períodos de veranicos e temperaturas acima da média para o período. Em algumas regiões produtoras não choveu 60% do volume normal para o período, ocasionando perda de área plantada e redução da produtividade em relação às safras anteriores. Essas produções são consideradas satisfatórias e demonstram potencial dos polímeros para serem usados como condicionadores de solo, pois forneceram água às plantas, favorecendo o incremento na produtividade em cerca de 52 e 48% para hidrogel 1 e 2, respectivamente, a mais que na média do estado que foi de 1937 kg ha⁻¹ na safra 2015/2016. Vale ressaltar que o experimento foi conduzido na região sul do Estado do Tocantins onde historicamente tem-se menores precipitações.

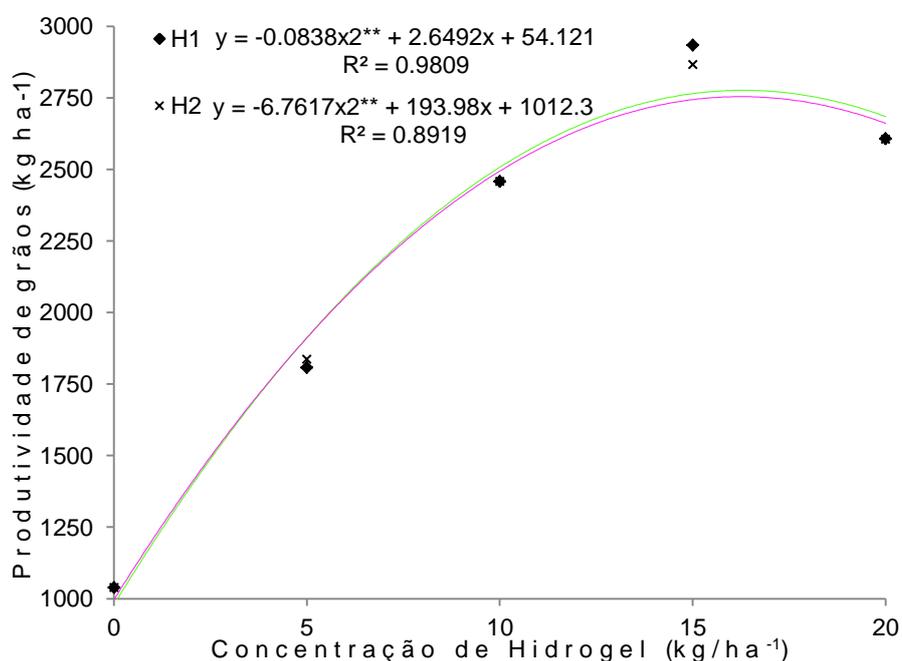


Figura 5. Produtividade em kg ha⁻¹ do cultivar de soja MSOY 8644 submetido a diferentes concentrações (0; 5; 10; 15; 20 kg ha⁻¹) e produtos comerciais (H1: Hidrogel; H2: Hydroplan; 2 Polim-agri). ^{ns} não significativo; ^{**} significativo para P ≤ 0,01; ^{*} Significativo para P ≤ 0,05 pelo teste F.

Fato interessante observado é o decréscimo no incremento para todas as características avaliadas na concentração de 20 kg ha⁻¹. Dois fatores podem estar colaborando para este efeito negativo da concentração elevada o excesso de água durante o intenso período chuvoso, que associado a água retida no polímero pode, ter atrapalhando a aeração do solo e o desenvolvimento das raízes corroborando Hafle et al. (2008) e Sousa et al. (2013), que afirmam em seus estudos que o desenvolvimento das raízes das mudas de plantas perenes tende a decrescer devido ao excesso de água provocado pelas elevadas concentrações do polímero, diminuindo a aeração do substrato; outro fator pode estar relacionado com altas concentração de polímeros hidretentores causarem alteração na condutividade elétrica e pH do solo, o que pode limitar absorção de alguns nutrientes, Navroski et al. (2016) afirmaram que as maiores concentrações do polímero hidretentor provoca aumento da condutividade elétrica devido ao acúmulo de sais retido no polímero e o aumento do pH no substrato de mudas florestais.

CONCLUSÕES

O uso de hidrogel é uma alternativa para redução de perdas resultantes da ação do estresse hídrico;

As concentrações de hidrogéis entre 14 e 18 kg ha⁻¹ resultaram em maior altura de plantas, número de vagens, massa de cem grãos e produtividades de grãos.

REFERÊNCIAS

Aouada, F. A.; Moura, M. R.; Campese, G. M.; Giroto, E. M.; Rubira, A. F. & Muniz, E. C. Caracterização de hidrogéis condutores constituídos por PAAm e PEDOT/PSS por meio de planejamento fatorial. **Polímeros Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v.18, n.2, p.126-131, 2008.

Azevedo, T. L. de F.; Bertonha, A.; Gonçalves, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.1, n.1, p.23-31, 2002.

Borrmann, D. **Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas da soja e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabolitos incolores**. 2009. 107p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

Brito, C. W. Q.; Rodrigues, F. H. A.; Fernandes, M. V. S.; Silva, L. R. D. Ricardo, N. M. P. S.; Feitosa, J. P. A.; Muniz, E. C. Síntese e caracterização de hidrogéis compósitos a partir de copolímeros acrilamida-acrilato e caulim: efeito da constituição de diferentes caulins do nordeste baseleiro. **Química Nova**, São Paulo, v.36, n.1, p.40-45, 2013.

Carneiro, M. M. L. C.; Deuner, S.; Oliveira, P.V.; Teixeira, S. B.; Sousa, C. P.; Bacarin, M. A.; Moraes, D. M. Atividade Antioxidante e viabilidade de sementes de Girassol após estresse ao Hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 752-761, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, setembro 2016** / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, . 2016. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_18_03_00_perspectivas_2015-16.pdf . Acessado em: 08/07/2016.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Brasília: EMBRAPA, 2006. 306 p.

Ferrari, E.; Paz, A.; Silva, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.

Ferreira, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v.6, n. 2, p. 36-41, 2008.

Fioreze, S. L.; Pivetta, L. G.; Fano, A.; Machado, F. R.; Guimarães, V. F. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 342-349, 2011.

Fioreze, S. L.; Rodrigues, J. D.; Carneiro, J. P. C.; Silva, A. A.; Lima, M. B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.11, p. 1432-1439, 2013.

Franco, P. B.; Hamawaki, O. T. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em goiás no ano 2004/2005. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 3, p. 51-64, 2009.

Köeppen, W. **Climatologia**: con um estudio de los climas de la Tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1984.

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**, Recife, v.3, n.3, p.232-236, 2008.

Hong-Bo, S. B.; Li-Ye, C.; Jaleel, C. A.; Chang-Xing, Z. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, Paris, v.331, n.3, p.215-225, 2008.

Mendonça, T. G.; Urbano, V. R.; Cabral, F. F. P.; Bacalhau, F. B.; Souza, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

Navroski, C. M; Araújo, M. M; Pereira, A. O. P; Fior, C. S. Influência do polímero hidroretentor nas características do substrato comercial para produção de mudas florestais. **Interciencia**, Caracas, v. 41, n. 5, p. 357-361, 2016.

Oviedo, I. R.; Mendez, N. A. N.; Gomez, M. P. G.; Rodriguez, H. C.; Martinez, A. R. Design of a Physical and Nontoxic Crosslinked Poly(Vinyl Alcohol) Hydrogel. **Journal International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials**, Londres, v.57, n.12, p.1095- 1103, 2008.

Pereira, J. W. L.; Filho Melo, P. A.; A, M. B.; Nogueira, R. J. M. C.; Santos, R. C. Mudanças bioquímicas em s de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.4, p.766-773, 2012.

Rui, L.; Mingzhu, L.; Lan, W. Controlled release NPK compound fertilizer with the function of water retention. **Reactive and Functional Polymers, Management**, v.2, n.2, p.769-779, 2007.

Sousa, G. T. O.; Azevedo, G. B.; Sousa, J. R. L.; Mews, C. L. Souza, A. M. Incorporação de polímero hidroretentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.16, p. 1270-1278, 2013.

Venturoli, F.; Venturoli, S. Recuperação florestal em uma área degradada pela exploração de areia no Distrito Federal. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v.5, n.13 p.183-195, 2011.

Venturoso, L. R.; Caron, B. O.; Schmidt, D.; Bergamin, A. C.; Valadão Júnior, D. D.; Jakelaitis, A. Efeito da época de semeadura sobre caracteres agronômicos em cultivares de soja em Rolim de Moura – RO. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 73-81, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo possibilitou a validação da utilização de polímeros hidroretentores como condicionadores de solo em ambientes de estresse hídrico para, bem como a concentração do polímero ideal para a cultura do feijão caupi e da soja. Deste modo os resultados contidos nesta pesquisa viabiliza a minimização do déficit hídrico no cultivo de culturas anuais.