

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

PATRÍCIA CLEMENTE ABRAÃO

**HIDROGÉIS NOS TEORES NUTRICIONAIS E CARACTERES AGRONÔMICOS
DA CULTURA DA SOJA EM UM LATOSSOLO VERMELHO**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2020

PATRÍCIA CLEMENTE ABRAÃO

**HIDROGÉIS NOS TEORES NUTRICIONAIS E CARACTERES AGRONÔMICOS
DA CULTURA DA SOJA EM UM LATOSSOLO VERMELHO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Dr. José Barbosa Duarte Júnior

Coorientadores: Dr. Affonso Celso Gonçalves Júnior
Dr. Vandeir Francisco Guimarães

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ

2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Abraão, Patrícia Clemente

Hidrogéis nos teores nutricionais e caracteres agronômicos da cultura da soja em um LATOSSOLO VERMELHO / Patrícia Clemente Abraão; orientador(a), José Barbosa Duarte Júnior; coorientador(a), Affonso Celso Gonçalves Júnior, coorientador(a) II, Vandeir Francisco Guimarães, 2020.

52 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.

1. Hidrogel. 2. Componentes de produção. 3. Soja. I. Duarte Júnior, José Barbosa. II. Gonçalves Júnior, Affonso Celso . III. Guimarães, Vandeir Francisco . IV. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PATRÍCIA CLEMENTE ABRAÃO

Hidrogéis nos teores nutricionais e caracteres agrônômicos da cultura da soja em um LATOSSOLO VERMELHO

Dissertação apresentada à distância, de forma síncrona e por videoconferência, conforme Resolução nº 052/2020 – CEPE, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADA pela seguinte banca examinadora:

Orientador - José Barbosa Duarte Júnior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Antonio Carlos Torres da Costa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Alfredo Richart

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR -Toledo)

Neumário Vilanova da Costa

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Marechal Cândido Rondon, 26 de agosto de 2020

DEDICATÓRIA

“Dedico a minha família por todo apoio nas minhas decisões”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pai criador, por me conceder a alcançar mais esse objetivo na vida.

Ao professor Dr. José Barbosa Duarte Júnior pela orientação, paciência e contribuições nesse trabalho, especialmente me conceder a trabalhar com os polímeros hidroabsorventes.

Ao professor Dr. Vandeir Guimarães e Dr. Affonso Gonçalves Júnior por toda ajuda e pelas coorientações. A professora Dra. Marcia e Dra. Vanda por cederem espaço na casa de vegetação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia em especial aos professores Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi, Dr. Eurides Kuster Macedo e Dr. Neumárcio Vilanova da Costa por todo auxílio dado e pela disposição em fazê-lo sempre que os solicitei.

As empresas Poliagrim[®] e Hydroplan[®] por disponibilizarem o produto e toda assistência em toda execução do trabalho.

Aos amigos Carlos Augusto, Bruna Penha e João Gonçalves por todo apoio e ajuda desde que cheguei na cidade de Marechal Cândido Rondon, e ao longo do mestrado foram meu ponto de apoio e meu rochedo nos dias mais difíceis da minha vida. As palavras sempre serão poucas para expressar minha gratidão a vocês.

Aos funcionários da UNIOESTE em especial a Leila Dirlene Allievi Werlang, Ademar da Silva, Jucenei Fernando Frandoloso, Cleiton Rodrigo Hansel, Neusa Francisca Michelin Herzog e Flavio Goetz pelo auxílio, apoio, contribuição e gentileza com que me trataram.

Ao Anderson Gonçalves, por todo apoio e companheirismo ao longo desse período tão importante da minha vida e que muito exigiu de mim. A todos que conheço da família Gonçalves e Brito por terem me acolhido e amparado em seus lares como se fosse da família.

Aos amigos do grupo GEPAF William Bosquete e Samara Brandão por toda ajuda na implantação do experimento e demais colegas do grupo de estudos e pesquisa.

Ao Pablo Coutinho por toda ajuda no meu processo de adaptação e acolhimento quando cheguei nessa cidade.

A Daiane Bernadi por toda ajuda e companheirismo nos dias difíceis nessa jornada aqui e também pela boa convivência.

Aos amigos que muito me ajudaram Alex de Deus, Andréa Celina, Kerolém Cardoso, Tatyane Calandrino, Tassiane Nunes, Soraia, Noeli, Eunice, Mayara, Cirlei Brandão.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia pela oportunidade de realização do Mestrado.

A Capes pela concessão da bolsa de estudo e apoio financeiro.

EPÍGRAFE

Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida e viver com paixão, perder com classe e vencer com ousadia, pois o mundo pertence a quem se atreve...
Pois a vida é “muito” para ser insignificante.

Charles Chaplin

RESUMO

ABRAÃO, Patrícia, C. Mestre em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Agosto- 2020. **Hidrogéis nos teores nutricionais e caracteres agronômicos da cultura da soja em um Latossolo Vermelho**. Orientador: Prof. Dr. José Barbosa Duarte Júnior.

O déficit hídrico durante a germinação de sementes e o estabelecimento da cultura da soja podem acarretar prejuízos agronômicos. O objetivo da realização deste trabalho foi avaliar a influência dos polímeros hidroabsorventes sobre os teores foliares de nutrientes e os caracteres agronômicos da cultura da soja. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 6, com fontes dos polímeros (Polim-Agri PP[®] e Hydroplan-EB/HyC[®]), seis doses dos hidroabsorventes (0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹), com quatro repetições. O primeiro experimento foi conduzido em campo, com sistema de semeadura direta, de forma mecanizada, onde avaliaram-se os caracteres fitotécnicos. O segundo experimento foi em casa de vegetação, onde o plantio procedeu de forma manual, e foram realizadas as seguintes avaliações: os teores de clorofilas a e b e nutricionais na cultura da soja. Os polímeros hidroabsorventes: Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®] na dose de 20 kg ha⁻¹ favoreceu a obtenção de aproximadamente 4% a mais de plantas com 322.083 plantas ha⁻¹ em relação a testemunha sem o uso destes produtos com 310.000 plantas ha⁻¹. As doses do hidroabsorventes aumentaram o número de grãos por vagem e massa de mil grãos e, conseqüentemente contribuíram para o aumento de produtividade pontualmente em campo, mas somente até a dose 20 kg ha⁻¹ de hidrogel. Por fim, os polímeros hidroabsorventes Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®] em todas as concentrações, não estimularam a produção de Clorofila *a*, Clorofila *b* e as Clorofilas totais, não influenciaram no acúmulo de macro e micronutrientes e nem contribuíram para os melhores desempenhos nas análises fitotécnicas na cultura de soja.

Palavras-chave: Componentes de produção. *Glycine max*. Hidrogel.

ABSTRACT

ABRAÃO, Patrícia, C. Master in Agronomy, State University of Western Paraná, august 2020.
Hydrogels in nutritional contents and agronomic characters of soybean culture in a Red Latosol. Advisor: Dr. José Barbosa Duarte Júnior.

The water deficit during seed germination and establishment soybean crop can cause agronomic losses. The objective this work was to evaluate influence hydroabsorbent polymers on the leaf nutrient content and agronomics characters soybean crop. The design used was in randomized blocks in a 2 x 6 factorial scheme, with sources of polymers (Polim-Agri PP[®] and Hydroplan-EB/HyC[®]), doses of hydroabsorbents (0, 5, 10, 15, 20 and 30 kg ha⁻¹), with four repetitions. The first experiment was carried out in the field, using a mechanized sowing system, where the phytotechnical characters were evaluated. The second experiment was carried out in a greenhouse, where planting was carried out manually, and the following evaluations were carried out: the levels of chlorophylls *a* and *b*, and nutritional values in soybean culture. The hydroabsorbent polymers: Polim-Agri PP[®] and Hydroplan-EB/HyC[®] at a dose of 20 kg ha⁻¹ favored the obtaining of approximately 4% more plants with 322.083 plants ha⁻¹ compared to the control without using these products with 310.000 plants ha⁻¹. The doses hydroabsorbents increased number of grains per pod and mass a thousand grains, consequently, contributed to increase in productivity on time in farmer, but only up to the dose of 20 kg ha⁻¹ of hydrogel. Finally, Polim-Agri pp[®] and Hydroplan-EB/HyC[®] hydroabsorbent polymers in all concentrations, did not stimulate the production of Chlorophyll *a*, Chlorophyll *b* and total Chlorophylls, did not influence the accumulation of macro and micronutrients and neither contributed to the better performance in phytotechnical analysis in soybean.

Keywords: Production components. *Glycine max.* Hydrogel.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
2	ARTIGO 1. INFLUÊNCIA DE HIDROGEL EM CARACTERES FITOTÉCNICOS DA SOJA.....	16
	RESUMO.....	16
	HYDROGEL INFLUENCE ON PHYTOTECHNICAL CHARACTERS SOYBEAN.....	16
	ABSTRACT.....	16
2.1	INTRODUÇÃO.....	17
2.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
2.4	CONCLUSÕES.....	29
2.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
3	ARTIGO 2. POLÍMEROS HIDROABSORVENTES E A INFLUÊNCIA NOS TEORES DOS NUTRIENTES E CARACTERES AGRONÔMICOS DA SOJA.....	33
	RESUMO.....	33
	HYDROABSORBENT POLYMERS THE INFLUENCE ON NUTRIENTS CONTENTS AND AGRONOMICS CHARACTERS SOYBEAN.....	34
	ABSTRACT.....	34
3.1	INTRODUÇÃO.....	34
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
3.4	CONCLUSÕES.....	47
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

O cenário global demanda pela produção de alimentos, e está se tornando cada vez mais importante, pois a população mundial tende chegar em torno de nove bilhões de pessoas até 2050, e a maximização do uso de recursos na sua produção, principalmente de maneira sustentável, é cada vez mais importante para superar o abastecimento (FAO, 2015).

A tendência do Brasil, é aumentar cada vez mais a produção desta oleaginosa, para suprir a necessidade do mercado mundial. O Brasil deverá produzir 247 milhões de toneladas de grãos na safra 2019/2020, de acordo com a nova estimativa da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020), em uma área cultivada de 37 milhões, permanecendo como a principal cultura responsável pelo aumento de área cultivada. Este aumento de produção está relacionado principalmente à expansão de demanda, devido ao aumento do poder aquisitivo da população e ao potencial de compra dos principais países importadores de soja (AZEVEDO, 2011).

Os usos e seus derivados intensificam de forma vertiginosa, sobretudo, na produção de proteína animal. Além disso, a aplicabilidade dessa cultura abrange distintos segmentos, tais como: industrial, alimentação e biodiesel, beneficiando a cadeia produtiva como um todo e agregando valor à matéria-prima (CARDOSO; SHIKIDA; FINCO, 2017).

O crescimento da área cultivada e a produção da cultura da soja nas últimas décadas, trouxe para a agricultura brasileira a revolução necessária para colocar em destaque a importância socioeconômica e o seu potencial produtivo para o país, como um dos principais produtos exportados (PEROBELLI et al., 2017).

Conforme Silva et al. (2017), para uma planta manifestar o máximo potencial genético, ela necessita de seu melhor crescimento e desenvolvimento, implicando em diversos fatores, dentre eles, a disponibilidade dos nutrientes, como exemplo as fontes de adubações orgânicas: carbono (C), oxigênio (O) e o hidrogênio (H) e os nutrientes minerais.

Estes, por sua vez, são divididos pelo aspecto quantitativo em dois grupos: o primeiro, os macronutrientes, absorvidos em kg ha^{-1} , são representados por: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). O segundo, os micronutrientes, requeridos em g ha^{-1} , que são: o boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn) e níquel (Ni) (DOMINGOS; LIMA; BRACCINI, 2015).

Vale salientar que, a absorção desses nutrientes não é de forma linear em resposta às concentrações crescentes, e também muitos fatores influenciam nessa absorção, como exemplo: pH, aeração do solo, fertilização química, a concorrência entre as espécies de plantas, o porte

da planta, o sistema radicular, a disponibilidade dos elementos nos depósitos de solo ou foliares, o tipo de folhas, a umidade do solo, o fornecimento de energia da planta para as raízes e as folhas, dentre outros (TIECHER, 2016).

A insuficiência ou o desequilíbrio entre estes nutrientes pode resultar em uma absorção deficiente de alguns e excessiva de outros (SFREDO; BORKERT, 2004). Por isso, os mesmos precisam ser monitorados no solo e nas folhas, por meio de análises químicas. Além disso, os nutrientes que são aplicados no solo, as plantas cultivadas aproveitam apenas parcialmente, sendo que parte desses nutrientes são lixiviados e, ou fixados ao solo se não houver nenhum tipo de manejo adequado para corrigir esse problema (DOMINGOS; LIMA; BRACCINI, 2015).

Os fatores ambientais, também influenciam diretamente no processo de desenvolvimento das plantas, como o fotoperíodo e a radiação solar, que podem influenciar na produção das clorofilas (clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total), que são pigmentos relacionados as funções fisiológicas das folhas, e têm a função de absorver energia luminosa e transferí-la ao aparato de forma que o potencial da atividade fotossintética e as clorofilas mantém uma associação direta (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Assim, a eficiência fotossintética quantifica a conversão da radiação solar a fotossintato, e resulta no acúmulo da fitomassa produzida através da fotossíntese por unidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela cultura, resultando em uma alta eficiência fotossintética, que pode levar ao incremento de produtividade agrícola, demonstrando uma relação direta com o aproveitamento da radiação disponível por esses pigmentos (PETTER et al., 2016).

Há estudos que comprovam a sensibilidade das cultivares de soja à temperatura, que é o entrave que a cultura enfrenta para alcançar seu nível máximo de produção (SILVA et al., 2016). O crescimento e desenvolvimento da planta são beneficiados entre as temperaturas de 20 a 30 °C, sendo a ideal 30 °C. As temperaturas abaixo de 10 °C ocasionam baixo crescimento durante o estágio vegetativo e acima dos 40 °C prejudica a produtividade e favorece a queda de flores e números de flores abortadas (PALHARINI, 2016).

Em relação à quantidade de água no solo, os períodos da germinação-emergência e a floração-enchimento de grãos, são os mais importantes. A exigência hídrica oscila de 450 a 800 mm ciclo⁻¹ (TAVARES et al., 2013). Logo após a semeadura, tanto o excesso quanto o déficit hídrico podem prejudicar o estabelecimento do estande de plantas. Nesta fase, a semente de soja precisa absorver 50% de seu peso em água para ocorrer a germinação. Porém caso a quantidade de água seja muito alta no solo, pode ocorrer falta de oxigênio e reduzir a

germinação (EMBRAPA, 2009).

Por isso, a disponibilidade hídrica nos períodos de maior demanda exigida pela cultura é imprescindível para alcançar o resultado esperado, pois ela participa de todos os processos metabólicos que vão estabelecer o crescimento e o desenvolvimento das plantas quando combinado com o manejo adequado (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Ao longo dos anos, têm-se buscado novas tecnologias como alternativas no manejo para aumentar a disponibilidade de água para as plantas, mas, apesar dos expressivos investimentos em pesquisas, este problema não foi totalmente resolvido. Pois a disponibilidade de água para a produção agrícola é um problema enfrentado em todo o mundo e é tão antigo quanto a própria agricultura (EMBRAPA, 2018).

Os polímeros hidroabsorventes começaram a ser utilizados na agricultura como condicionadores de solo devido à sua capacidade de absorver e reter água, apresentando um grande avanço tecnológico, como alternativa para o melhor aproveitamento da água (ZOVKO; ROMIC, 2011). Com isso, vários agricultores têm utilizado esses polímeros com sucesso, porém, poucas pesquisas tem sido desenvolvidas com a finalidade de confirmar a sua viabilidade para uso na cultura da soja (KLEIN; KLEIN, 2015).

Como produto hidrofílico, o hidrogel absorve e disponibiliza grandes quantidades de água e age como uma reserva para as plantas. Diversos trabalhos comprovam a eficiência do emprego do hidrogel em *Coffea arabica* (SAAD et al., 2009), *Eucalyptus urograndis* (BERNARDI et al., 2012) e *Glycine max* (PELEGRIN et al., 2017).

Os produtores têm interesse nesses produtos para superar os problemas físicos do solo, visando o aumento da capacidade de retenção de água, afim de permitir a utilização mais efetiva dos recursos solo-água-planta. Entretanto, a utilização dos condicionadores sintéticos é uma tentativa de contribuir para a melhoria da eficiência e conservação do uso do solo e da água, tornando um insumo importante para o desenvolvimento da agricultura, além de viabilizar a produção agrícola (TIECHER, 2016).

Portanto, o uso de hidrogel pode promover a maior retenção de água no solo e próximo as sementes da cultura da soja, o que conseqüentemente favorecerá a obtenção de estande de plantas ideal e o maior rendimento da cultura.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência dos polímeros hidroabsorventes sobre os teores foliares dos nutrientes e os caracteres da soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, E. Riscos e controvérsias na construção social do conceito de alimento saudável: o caso da soja. **Revista Saúde Pública**, v. 45, n. 4, p. 781-788, 2011.
- BERNARDI, M. R.; SPEROTTO JUNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T. Crescimento de mudas de em função do uso de hidrogel e adubação. *Corymbia citriodora*. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 67-74, 2012.
- CARDOSO, B. F.; SHIKIDA, P. F. A.; FINCO, A. Análise fatorial do sistema agroindustrial do biodiesel no Brasil e na União Europeia. **RESR**, v. 55, n. 3, p. 551-568, 2017.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – safra 2019/2020**. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 10 Fev. 2020.
- DOMINGOS, C. S.; LIMA, L. H. S.; BRACCINI, A. L. Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 3, p. 132-140, 2015.
- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Região central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja. 2018. 265 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo de Soja no Cerrado de Roraima**. Londrina: Embrapa Soja, 2009.
- FAO. Fao statistical yearbook world food and agriculture. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Romep, 2015. 307 p.
- KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015.
- PALHARINI, W. **Influência do estresse hídrico sobre caracteres agronômicos, fisiológicos e abertura de vagens imaturas em soja**. 2016. 36 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2016.
- PELEGRIN, A. J.; NARDINO, M.; FERRARI, M.; CARVALHO, I. R.; SZARESKI, V. J.; BELLE, R.; CARON, B. O.; SOUZA, V. Q. Polímeros hidroredutores na cultura da soja em condições de solo argiloso na região norte do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 175-182, 2017.
- PEROBELLI, F. S.; BETARELLI JUNIOR, A. A.; VALE, V. A.; CUNHA, R. G. Impactos econômicos do aumento das exportações brasileiras de produtos agrícolas e agroindustriais para diferentes destinos. **ESR**, v. 55, n. 2, p. 343-366, 2017.
- PETTER, F. A.; SILVA, J. A. da; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. de. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, v. 75, n. 2, p. 173-183, 2016.

SAAD, J. C. C.; LOPES, J. L. W.; SANTOS, T. A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 3, p. 404-411, 2009.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M. **Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. (Documentos, n. 231).

SILVA, T. A.; SILVA, P. B.; SILVA, E. A.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Condicionamento fisiológico de sementes de soja, componentes de produção e produtividade. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 227-232, 2016.

SILVA, E. H. F. M.; ALMEIDA PEREIRA, R. A.; ANTOLIN, L. A. S.; JUNIOR, I. F.; MARIN, F. R. Análise de sensibilidade com base em parâmetros relacionados à temperatura e fotoperíodo no modelo DSSAT/CROPGRO-SOYBEAN. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, p. 1-8, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre: **Artemed**, 2017. 954 p.

TAVARES, L. C.; RUFINO, C. A.; BRUNES, A. P.; TUNES, L. M.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. **Ciência Rural**, v. 43, n. 8, p. 1357-1363, 2013.

TIECHER, T. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: **práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Catalogação internacional na publicação-UFRGS, 2016. 186 p.

ZOVKO, M.; ROMIC, M. Soil Contamination by Trace Metals: Geochemical Behaviour as an Element of Risk Assessment. **Earth and Environmental Sciences**, Dr. Imran Ahmad Dar (Ed.), In Tech. 2011.

2. ARTIGO 1. INFLUÊNCIA DE HIDROGEL EM CARACTERES FITOTÉCNICOS DA SOJA

RESUMO

O déficit hídrico durante a germinação de sementes e o estabelecimento da cultura da soja pode acarretar prejuízos agrônômicos. O objetivo da realização deste trabalho foi avaliar a influência dos polímeros hidroabsorventes sobre os caracteres fitotécnicos da cultura da soja em sistema de semeadura direta (SSD) de forma mecanizada num Latossolo Vermelho Eutroférico. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 6, com fontes dos polímeros (Polim-Agri PP[®] e Hydroplan-EB/HyC[®]) e seis doses (0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹), com quatro repetições. Os polímeros hidroabsorventes: Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/ HyC[®] na dose de 20 kg ha⁻¹ favoreceram a obtenção de aproximadamente 4% a mais de plantas com 322.083 plantas ha⁻¹ em relação a testemunha sem o uso destes produtos com 310.000 plantas ha⁻¹. As doses do hidroabsorventes aumentaram o número de grãos por vagem e massa de mil grãos e, conseqüentemente contribui para o aumento de produtividade pontualmente, mas somente até a dose 20 kg ha⁻¹ de hidrogel.

Palavras-chave: Componentes de produção. Efeitos no solo. *Glycine max*.

HYDROGEL INFLUENCE ON SOYBEAN PHYTOTECNICAL CHARACTERS

ABSTRACT

The water deficit during seed germination and the establishment of soybean crops can cause agronomic losses. The objective of this work was to evaluate the influence of hydroabsorbent polymers or hydrogels, in the phytotechnical characters of soybean under no-tillage system (SSD), was done mechanically and grown in Eutrophic RED LATOSOLO. The design used was in randomized blocks, in a 2 x 6 factorial scheme, with sources of polymers (Polim-Agri PP[®] and Hydroplan-EB/HyC[®]) and six doses (0, 5, 10, 15, 20 and 30 kg ha⁻¹), with four repetitions. The hydro-absorbent polymers: Polim-Agri pp[®] and Hydroplan-EB/HyC[®] at a dose of 20 kg ha⁻¹ favored the achievement of approximately 4% more plants with 322,083 plants ha⁻¹ compared to the control without using these products with 310,000 plants ha⁻¹. The doses of hydroabsorbents increased the number of grains per pod and mass of a thousand grains and,

consequently, contributed to the increase in productivity on time, but only up to the dose of 20 kg ha⁻¹ of hydrogel.

Keywords: *Glycine max.* Production of componentes. Soil effects.

2.1 INTRODUÇÃO

O Brasil, na safra de 2019/2020 produzirá aproximadamente 247 milhões de toneladas de grãos de soja, em uma área cultivada de 37 milhões de hectares (CONAB, 2020). Diversos estados brasileiros vêm se destacando na produção desta cultura, como exemplo na região Centro-Oeste, o estado do Mato Grosso obteve a maior produção brasileira, em torno de 34 milhões de toneladas, e área cultivada de 10 milhões de hectares, e na região Sul, o estado do Paraná, é o segundo maior produtor, com estimativa de 24 milhões de toneladas para a safra 2019/2020 e uma área cultivada de 5,5 milhões de hectares (EMBRAPA, 2020).

O aumento da produtividade da soja é explicado pela adoção de tecnologias com o uso de fertilizantes, defensivos agrícolas, utilização de máquinas e implementos e o melhoramento genético, por meio do desenvolvimento de variedades mais produtivas, adaptadas às condições de cultivo e resistentes às doenças (ARTUZO et al., 2018).

Mesmo com todo o aporte tecnológico empregado na cultura da soja e adequação ao manejo, esta espécie ainda enfrenta desafios quanto aos fatores ambientais em seu ciclo produtivo, merecendo destaque o déficit hídrico, que provoca alterações na qualidade fisiológica e que pode comprometer a produção (SOUZA et al., 2020).

Entretanto, a busca por medidas que amenizem os efeitos desse déficit, é alvo de pesquisas, que busquem a obtenção da maior eficiência do cultivo com o uso dos recursos hídricos, e desta forma, garantir a qualidade e a produtividade na cultura da soja (FIDELIS et al., 2018).

Os polímeros hidroabsorventes, são grânulos que dilatam-se, transformando-se em partículas de gel, que podem ser utilizados na agricultura, devido às suas características de condicionadores do solo, que contribuem para aumentar a capacidade de retenção de água (NASCIMENTO, 2019), e é uma alternativa bastante eficiente dentro do manejo das culturas, pois aumenta a disponibilidade de água, como forma de influenciar no desempenho fisiológico das plantas, bem como na produtividade e minimizando os custos de produção (FOLLI-PEREIRA et al., 2012).

Estudos realizados por Kraisig et al. (2018), afirmaram que o uso das maiores doses (60 e 120 kg ha⁻¹) do polímero hidroabsorventes utilizados no sistema de soja (*Glycine max*)/aveia (*Avena sativa*) geraram maiores produtividades dos grãos.

O uso destes polímeros ainda é um assunto pouco estudado, sendo necessário conhecer, quantificar e adaptar o método ideal de aplicação, bem como, a disponibilidade de água exigida em cada fase, principalmente na cultura da soja para que se obtenha um bom desempenho fisiológico e altas produtividades (FIDELIS et al., 2018).

Portanto, o objetivo da realização deste trabalho foi avaliar a influência dos polímeros hidroabsorventes nos componentes fitotécnicos e na produtividade da soja.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado e conduzido no período de 05 de setembro de 2018 à 12 de fevereiro de 2019, na área experimental da Cooperativa Agroindustrial (COPAGRIL), situada na cidade de Marechal Cândido Rondon, Paraná-Brasil (24° 33' 40" de latitude Sul e 54° 04' 12" de longitude Oeste), apresentando altitude média de 420 m acima do nível do mar. Foram coletados os dados de precipitação e temperatura durante todo o período do experimento (Figura 1).

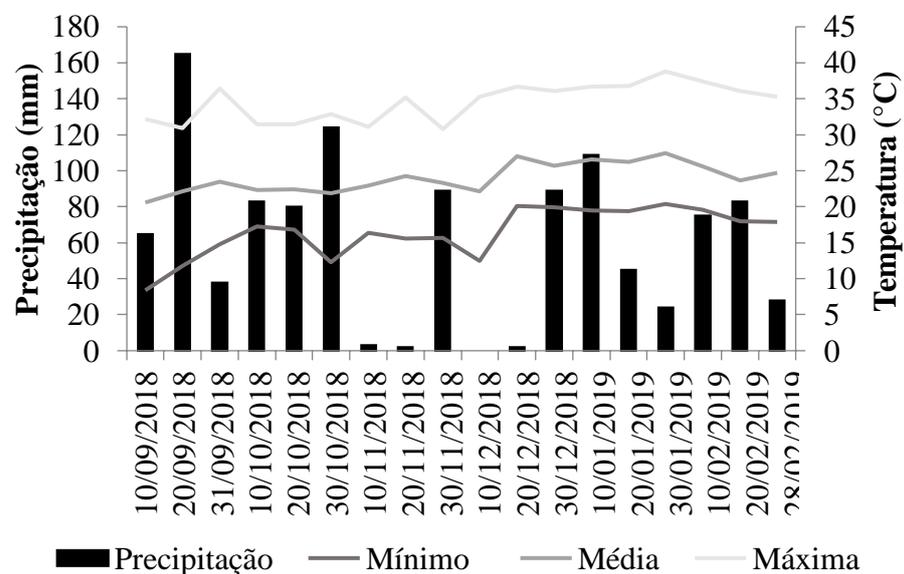


Figura 1 - Dados meteorológicos: precipitação (mm), temperatura mínima, média e máxima (°C) registradas durante o período de condução do experimento na cidade de Marechal Cândido Rondon, Paraná-Brasil, safra, 2018/2019.

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico de textura argilosa, classe tipo 3, de acordo com a EMBRAPA (2018). Antes da instalação do experimento foi realizada a análise química do solo no Laboratório de Química Ambiental e Industrial, pertencente a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), tendo como resultado: pH em $\text{CaCl}_2 = 5,87$; $\text{MO} = 14,35 \text{ g Kg}^{-1}$; $\text{P} = 73,52 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Ca}^{+2} = 5,71 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Mg}^{+2} = 1,19 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{K}^+ = 0,71 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Al}^{+3} = 0,00 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{H} + \text{Al} = 3,68 \text{ cmolc dm}^{-3}$, $\text{SB} = 7,62 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{CTC} = 11,30 \text{ cmolc dm}^{-3}$ e $\text{V} = 67,42\%$. E análises granulométricas: argila = $598,01 \text{ g kg}^{-1}$, silte = $364,00$ e areia = $37,99 \text{ g kg}^{-1}$.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema fatorial 2×6 . O primeiro fator foi constituído pelas duas fontes dos polímeros hidroabsorventes: Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®] e o segundo fator constituído pelas doses: 0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha^{-1} e quatro repetições.

A parcela experimental foi constituída por seis linhas de 5 m de comprimento, espaçadas em 0,5 m. A área útil da parcela foi composta pelas duas linhas centrais desprezando-se 0,5 m das extremidades das parcelas. A densidade de semeadura foi de 17 sementes por metro linear, e o objetivo foi a obtenção de 340 mil plantas por hectare.

A adubação foi feita com as seguintes formulações: 00-20-20 ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$), totalizando 400 kg ha^{-1} , de acordo com o manual de adubação e calagem descritos para o Estado do Paraná (SBCS, 2017).

Foi realizada uma aplicação de aproximadamente $3,14 \times 10^4$ células por g de solo com o inoculante *Bradyrhizobium elkanii*, de acordo com a metodologia descrita no Protocolo da Relare (2001).

Em seguida, foi feita a distribuição dos polímeros hidroabsorventes: Polim-Agri pp[®], com granulometria de 0,5 mm (POLIM-AGRI, 2019). E o Hydroplan-EB/HyC[®] que é um polímero com textura sólida fina, granulometria $< 0,5 \text{ mm}$, coloração branca, inodora e indicada para solo argiloso (HYDROPLAN-EB, 2019).

A aplicação dos polímeros foi realizada com ajuda de um implemento manual para facilitar a distribuição correta e uniformidade nas diferentes doses nos sulcos do plantio, desenvolvido pela própria Autora, junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UNIOESTE, Paraná-Brasil, de acordo com a Figura 2.



Figura 2 - Implemento manual desenvolvido para uniformizar a distribuição das doses dos polímeros hidroabsorventes nos sulcos do plantio, confeccionado pela própria Autora, junto ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da UNIOESTE, Paraná-Brasil, 2019.

O sistema utilizado foi a semeadura direta de forma mecanizada com a cultivar de soja RK 6316 IPRO. O manejo das plantas daninhas foram feitos através de capinas manuais durante todo o estágio vegetativo e no início do estágio reprodutivo da cultura, e o manejo de pragas se deu no estágio R3 ao detectar a incidência do percevejo verde (*Nezara viridula* L.) através do monitoramento, onde procederam-se as aplicações do ingrediente ativo Deltametrina (piretroide) na dosagem recomendada pelo fabricante: 300 mL/ha.

Foram feitas as seguintes avaliações das características fitotécnicas no estágio R9 (FEHR; CAVINESS, 1981): o estande de planta (EP) (ha^{-1}), realizado através de três contagens do número de planta por metro linear dentro da parcela (REYNALDO et al., 2015), a altura de plantas (AP) (cm), foi feita com dez plantas escolhidas de forma aleatória dentro da parcela útil, desde a superfície do solo, até a inserção do racemo do ápice da haste principal da planta, com a ajuda de uma fita métrica graduada em centímetros (BRASIL, 2009).

Após a colheita, o material foi embalado em sacos de papel Kraft, separados de acordo com seus respectivos tratamentos, e levados para o Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudas pertencente à UNIOESTE, onde foram realizadas as seguintes avaliações: massa de 1.000 grãos (MMG) (g), através da separação de oito subamostras de 100 grãos por parcela, cujas massas foram determinadas em uma escala com sensibilidade de centésimos de grama (COSTA, 1982).

A contagem do número de vagens por planta (VPP) e o número de grãos por vagem (NGV) (SANTOS et al., 2013), foram feitas pela contagem do número de grãos em 10 vagens, retiradas de 10 plantas por parcela, sendo três vagens da parte superior, três vagens do terço

médio, e uma do terço inferior. A produtividade (PROD) foi obtida através da pesagem dos grãos, e o valor foi transformado em kg ha⁻¹ (COSTA, 1982).

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando o teste F ao nível de 5% de probabilidade. Em seguida, foi feita a regressão, utilizando o Software SISVAR® (FERREIRA, 2008).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo ($P \leq 0.05$) e isoladamente das doses de hidrogéis sobre o estande de plantas de soja (ESTANDE), como pode ser observado na Tabela 1. Porém, não houve efeito significativo do fator hidrogéis versus doses, nem tampouco dos dois fatores em estudo em comparação com a testemunha para a variável resposta da população ou estande de plantas.

Tabela 1. Resumo da análise de variância com as características fitotécnicas na cultura da soja: estande de planta (EP), altura de planta (AP), massa de 1.000 grãos (MMG), número de grãos por vagem (NGV), número total de vagens por planta (VPP) e produtividade (PROD), Marechal Cândido Rondon, Paraná-Brasil, safra, 2018/2019.

FONTES DE VARIAÇÕES	GL	Quadrados Médios					
		ESTANDE	AP	MMG	NGV	VPP	PROD
Blocos	3	1883080743,33 ^{ns}	6,7772 ^{ns}	0,0309 ^{ns}	38,5025 ^{ns}	0,0309 ^{ns}	1509619,7 ^{ns}
Hidrogéis	1	146944534 ^{ns}	3,6000 ^{ns}	0,0287 ^{ns}	9,0750 ^{ns}	0,0223 ^{ns}	14339,661 ^{ns}
Doses de hidrogéis	4	1514305586,5*	4,7744 ^{ns}	1,0173 ^{ns}	12,0827 ^{ns}	0,0392*	997499,096*
Hidrogéis x Doses	4	455972195,75 ^{ns}	8,6131 ^{ns}	3,2158*	20,0449 ^{ns}	0,0295 ^{ns}	160064,52 ^{ns}
(Hidrogéis x Doses) versus Adicional	1	407298050 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	4,6271**	58,3904 ^{ns}	0,2984**	1151037,56*
Resíduo	30	436328813,5172	6,0320	0,7128	38,9177	0,0142	359506.967
TOTAL	43						

As doses de hidrogéis isoladamente também promoveram, possivelmente, efeito significativos ($P \leq 0.05$) sobre o número de vagens por planta e consequentemente na produtividade de grãos da soja, como pode ser observado nos resultados deste trabalho

Neste contexto, pode ser observado em termos gerais que houve efeito significativo ($P \leq 0.05$) somente das interações do fator hidrogéis versus doses, bem como de hidrogéis versus doses e versus a testemunha para massa de mil grãos, número de vagens por planta e consequentemente para a produtividade de grãos da soja (Tabela 1).

Foi constatado que para o estande de plantas quando aplicado a dose de 20 kg ha⁻¹, independente do tipo de hidrogel utilizado, apresentou 322.083 plantas ha⁻¹, enquanto a testemunha apresentou 310.000 plantas ha⁻¹.

Já, quando foi aplicado por ocasião da semeadura as doses de 5, 10 e 15 kg ha⁻¹ independente do tipo de hidrogel, não foi observado efeitos e aumentos significativos da população de plantas do estabelecimento ao final do ciclo da soja, e a média ficou em torno de 305.000 planta ha⁻¹, além da maior dose de 30 kg ha⁻¹ do hidrogel ter proporcionado a menor população de plantas com 290.000 plantas ha⁻¹ (Figura 3).

Estes resultados sugere a repetição de estudos futuros nas doses entre 20 e 30 kg ha⁻¹ dos hidrogéis em condições semelhantes de Latossolo Vermelho Eutroférico, pois foi uma faixa benéfica dos hidrogéis para a cultura da soja, evidenciando o aprofundamento dos estudos e a correlação com os fatores genéticos e ambientais.

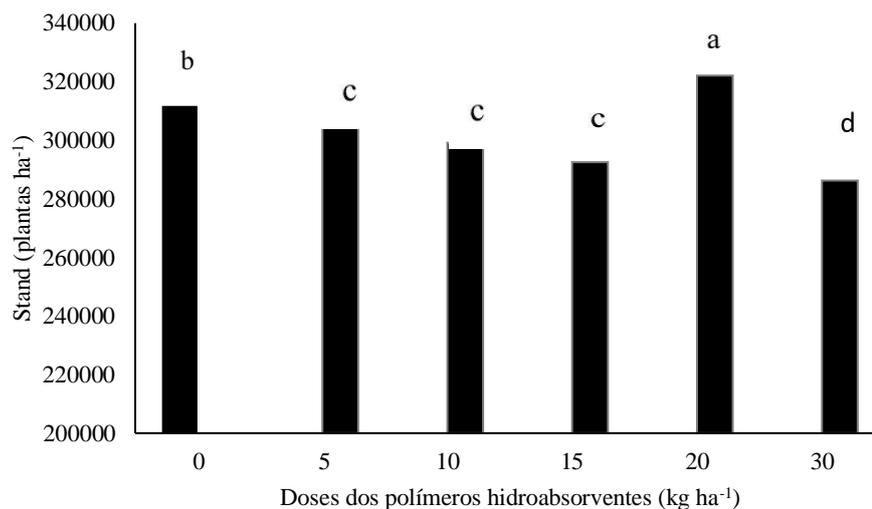


Figura 3- Estande de plantas na cultura da soja em função das doses (0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹) dos polímeros hidroabsorventes (Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®]), a 5% de probabilidade. Marechal Cândido Rondon, Paraná-Brasil, safra, 2018/2019.

Com exceção da dose de 30 kg ha⁻¹ (Figura 3), que não obteve respostas fisiológicas favoráveis, pode-se observar que, dependendo da dose do polímero, principalmente em alta dose nas condições do sistema avaliado na presente pesquisa, houve uma redução no estande para a população de plantas. Esse comportamento pode estar relacionado à diversos fatores, como os ambientais, onde a incidência pluviométrica variou entre 60 a 80 mm, e também observaram altas temperaturas, em torno de 35 °C nos meses de setembro e dezembro na safra 2018/2019 (Figura 1).

De acordo com a análise de variância, quando utilizou-se as doses 0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹ dos polímeros hidroabsorventes na avaliação das características fitotécnicas, verificou-se que não ocorreram diferenças significativas nos tratamentos avaliados, visto que a cultivar apresentou altura média de planta (AP) de 62,95 cm e número médio de grão por vagens (VPP) de 48,35.

Apesar dessas características não terem diferido significativamente em relação as doses, observaram-se que mesmo assim, a altura das plantas e o número de grãos por vagens estão dentro dos padrões para as cultivares de soja utilizadas comercialmente de acordo com a EMBRAPA (2013).

Os fatores ambientais envolvidos para a eficiência no desempenho desta cultivar, pode está relacionado com as condições ambientais (temperatura, umidade e precipitação) e também com o manejo adequado para a cultura da soja, como as recomendações corretas de adubação para cada fase da cultura, controle de pragas e doenças e também das plantas invasoras nos períodos de desenvolvimento de plântulas e início da fase reprodutiva (TIECHER, 2016).

Observou-se diferenças significativas para a massa de 1.000 grãos (MMG) (Figura 4) nas doses (0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹), sendo possível observar que MMG1 na fonte (Polim-Agri pp[®]), mostrou-se comportamento linear, apresentando incremento nas plantas de soja. E a MMG2 na fonte (Hydroplan-EB/HyC[®]), aumentou à medida que elevaram-se as doses do polímero hidroabsorvente, havendo um acréscimo de 18% na maior dose.

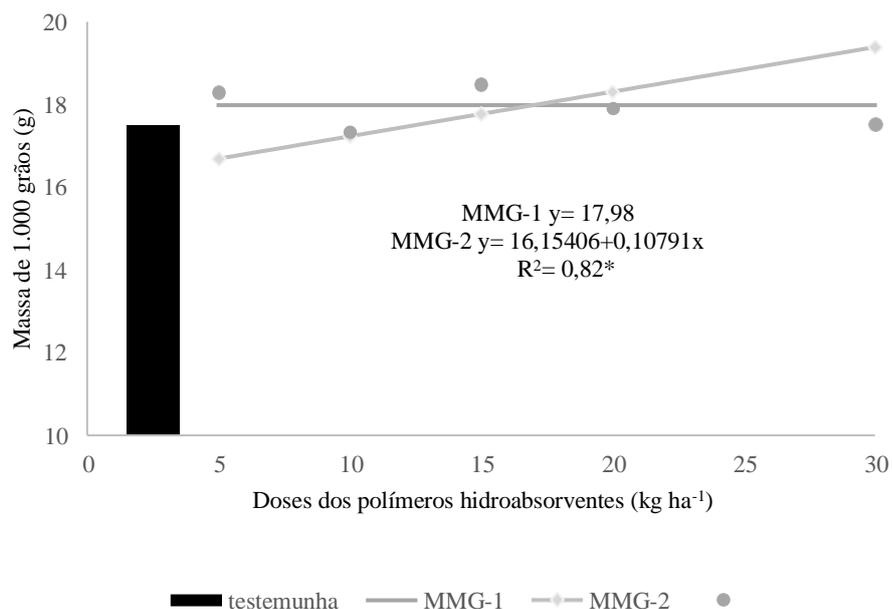


Figura 4 - Massa de 1.000 grãos da soja em função das doses (0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹) dos polímeros hidroabsorventes (Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®]), a 5% de probabilidade. Marechal Cândido Rondon, Paraná-Brasil, safra, 2018/2019.

A fonte do polímero Hydroplan-EB/HyC[®] utilizada no presente trabalho corrobora com o comportamento linear obtido por Fidelis et al. (2018), quando avaliaram a influência do uso do hidrogel no cultivo da soja sob estresse hídrico, verificaram que as doses entre 14 e 18 kg ha⁻¹ do hidrogel, obtiveram as maiores produções analisadas no comportamento linear para a massa de 1.000 grãos.

Tal fato pode ser explicado, pois os polímeros são capazes de absorverem grandes quantidades de água, e podem ser utilizados como uma alternativa viável para melhorar o armazenamento de água nas áreas que são acometidas com por períodos longos de estiagens ou escassez, ocasiões em que a baixa umidade do solo afeta, de forma negativa o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Neste contexto, os polímeros hidrorretentores podem ser interessantes, atuando como reguladores na disponibilidade de água para as culturas, aumentando a produtividade e minimizando os custos de produção (MENDONÇA et al., 2013).

Comportamento semelhante ao presente trabalho foi obtido por Ferrari et al. (2015), quando testaram o polímero hidroabsorvente Green Gel[®] como alternativa para melhorar o déficit hídrico na cultura da soja em condições de solo semelhantes ao da presente pesquisa, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de acordo com classificação da EMBRAPA (2018), utilizando-se as doses: 0, 2, 5, 10 e 20 kg ha⁻¹, observaram que, quanto maior a dose, maior o aumento da massa de 1.000 de grãos.

Barbedo; Marcos Filho (1998), ressaltaram que a água possui papel crucial na formação e maturação das sementes, principalmente como veículo para o transporte dos fotoassimilados produzidos na fotossíntese que farão parte da semente ou serão armazenados para futuras utilizações nas fases iniciais da germinação.

Segundo Pelegrin et al. (2017), a adição do polímero hidroabsorvente juntamente com o plantio direto, proporcionou maior disponibilidade de água desde o desenvolvimento fisiológico até o início no período reprodutivo da soja, favorecendo o maior enchimento dos grãos, resultando no maior acúmulo de matéria seca e, portanto, maior massa dos grãos para a cultura da soja.

Observou-se diferença significativa para o número de grãos por vagem (NGV), visto que ocorreu o aumento, conforme aumentaram-se as doses, independente dos polímeros hidroabsorventes utilizados, atingindo o maior número de grãos por vagem na dose de 20 kg ha⁻¹, em relação aos demais tratamentos avaliados (Figura 5).

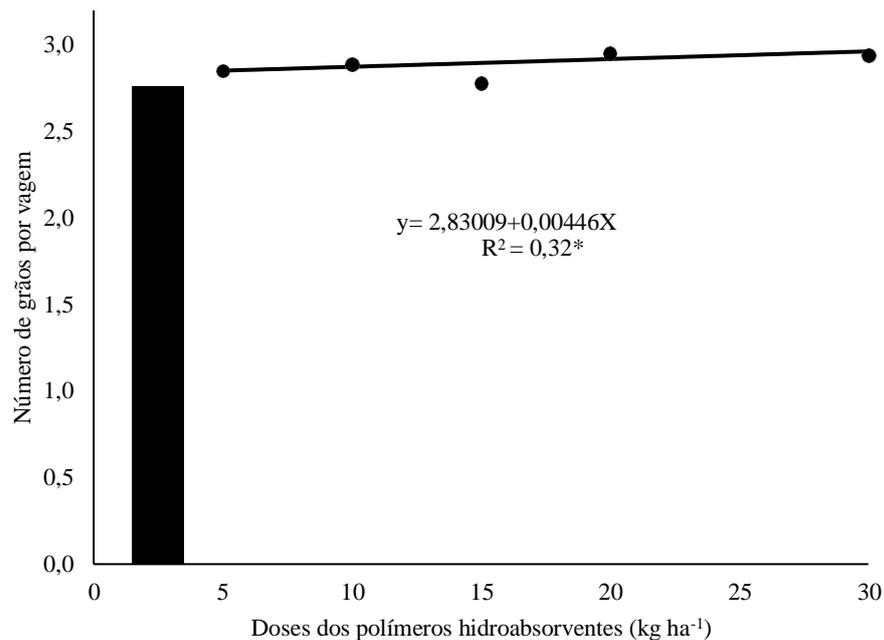


Figura - 5. Número de grãos por vagem de soja em função das doses (0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹) dos polímeros hidroabsorventes (Polim-Agri pp[®] e Hidroplan-EB/HyC[®]), a 5% de probabilidade. Marechal Cândido Rondon, Paraná-Brasil, safra, 2018/2019.

Resultados semelhantes ao presente trabalho foram encontrados por Pereira et al. (2018), quando avaliaram as características fitotécnicas e produtivas da *Vinga unguiculata* (Fabaceae), utilizando o polímero hidroabsorvente nas doses 1,50; 2,00 e 4,00 g L⁻¹, verificaram-se aumento da retenção de água pelas plantas e conseqüentemente o desenvolvimento desta leguminosa, podendo observar que a dose intermediária, obteve as maiores produções no número de grãos por vagem.

Lopes et al. (2017), estudando a produção de feijão caupi sob estresse hídrico e utilizando vários polímeros hidroabsorventes com diferentes granulometrias: Hydroplan-EB/HyA[®] (1,0-3,0 mm), Hydroplan-EB/HyB[®] (0,5-1,0 mm), Hydroplan-EB/HyC[®] (< 0,5 mm), Polim-Agri[®] (0,1-0,5 mm), e cinco doses: 0,0 g⁻¹, 1,5 g⁻¹, 3,0 g⁻¹, 4,5 g⁻¹ e 6,0 g⁻¹, e concluíram que a aplicação dos polímeros Hydroplan-EB/HyC[®] e Polim-Agri[®] na maior dose, promoveram as maiores produções de grãos por vagem em relação as demais doses.

Tal fato, evidencia que a utilização de polímero hidroabsorvente melhora as características produtivas de algumas espécies, inclusive das leguminosas, pelo fato de que as raízes desta crescem por dentro dos grânulos do polímero hidratado, havendo maior desenvolvimento dos pêlos radiculares, proporcionando maior superfície de contato com a fonte de água e nutrientes, facilitando a absorção e, conseqüentemente o desenvolvimento e produção dos grãos (PELEGRIN et al., 2017).

Ao analisar a produtividade de grãos (PROD) (Figura 6) observou-se diferenças significativas nos tratamentos, sendo possível observar que independente da fonte do polímero utilizado, a produtividade diminuiu quanto utilizaram-se as doses 10, 15 e 30 kg ha^{-1} . Já nas doses de 5 kg ha^{-1} e 20 kg ha^{-1} , observaram-se as maiores produtividades 3.905,63 kg ha^{-1} e 3.800,00 kg ha^{-1} da soja, respectivamente, ressaltando que as maiores produtividades obtidas no presente trabalho ficaram acima da produtividade média brasileira de 3.333 kg ha^{-1} , segundo a CONAB (2018).

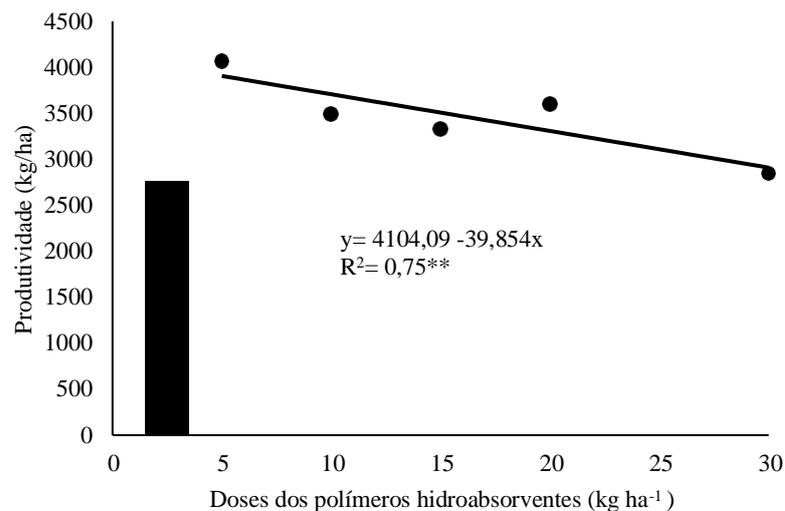


Figura 6 - Produtividade de grãos de soja em função das doses (0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha^{-1}) dos polímeros hidroabsorventes (Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®]), a 1% de probabilidade. Marechal Cândido Rondon, Paraná-Brasil, safra, 2018/2019.

Kraisig et al. (2018), analisando o sistema de cultivo soja/aveia, com o uso do polímero hidroabsorvente nas doses (0, 30, 60 e 120 kg ha^{-1}), verificaram-se que as maiores doses, apresentaram as maiores produtividades, em torno de 6.500 e 8.000 kg ha^{-1} , respectivamente. Neste contexto, surge como alternativa, o uso de polímeros que pode influenciar na capacidade de retenção e armazenamento de água e melhorar a eficiência de absorção dos nutrientes pelas leguminosas (MENDONÇA et al., 2013).

Pelegrin et al. (2017), avaliando os polímeros hidroabsorventes na cultura da soja em condições de solo argiloso na região norte do Rio Grande do Sul, ao utilizarem as doses 0, 5, 10 e 20 kg ha^{-1} , obtiveram a maior eficiência técnica alcançada com uso de 1.500 kg ha^{-1} , sendo uma alternativa promissora para o aumento da produtividade.

Lopes et al. (2017), estudando a produção de feijão caupi sob estresse hídrico e utilizando vários polímeros hidroabsorventes com diferentes granulometrias: Hydroplan-EB/HyA[®] (1,0-3,0 mm), Hydroplan-EB/HyB[®] (0,5-1,0 mm), Hydroplan-EB/HyC[®] (< 0,5 mm),

Polim-Agri[®] (0,1-0,5 mm), e cinco doses: 0,0 g⁻¹; 1,5 g⁻¹; 3,0 g⁻¹; 4,5 g⁻¹ e 6,0 g⁻¹. Concluíram que a aplicação dos polímeros Hydroplan-EB/HyC[®] e Polim-Agri[®] na maior dose, promoveram produtividades em torno de 160.680 kg ha⁻¹, em relação as demais. É importante salientar que a utilização do polímero hidroabsorvente demonstra ser uma alternativa eficiente no aumento da produtividade sob estresse hídrico.

As altas produtividades obtidas no presente trabalho pode esta relacionada com as características química do solo apresentadas nas análises realizadas no Laboratório de Química Ambiental e Industrial pertencente a UNIOESTE, como também através aplicação do formulado N-P-K, distribuído em todo o ciclo da cultura, de acordo com o manual de adubação e calagem descritos para o Estado do Paraná, o que pode ter influenciado nas funções do metabolismo das proteínas e dos lipídeos (SOUZA et al., 2020), e conseqüentemente ter influenciado no aumentando da produtividade da soja.

Por outro lado, é importante observar que nem sempre as doses mais elevadas dos polímeros, de acordo com o presente trabalho (Figura 6), exercem respostas positivas para algumas características fitotécnicas na cultura da soja, quando se trata da soja cultivar RK 6316 IPRO, visto que, além dos fatores genéticos que pode ter sido influenciado, o polímero hidroabsorvente, não sendo capaz de contornar os problemas como o déficit hídrico (MENDONÇA et al., 2013), principalmente na região da pesquisa que apresentou baixa precipitação e ou veranicos acentuados (Figura 1).

Entretanto, os fatores bióticos e abióticos influenciam diretamente no sucesso ou fracasso no manejo de aplicação dos polímeros hidroabsorventes para esta cultura, como exemplo as condições climáticas, pois, no período do experimento obteve baixa precipitação variando de 60 a 80 mm nos meses de setembro na safra 2018 e dezembro na safra de 2019 (Figura 1).

O déficit hídrico, pode ter dificultado a retenção da água pelas plantas, as altas temperaturas, em torno de 20 a 35 °C (Figura 1), pode ter agravado ainda mais a absorção de água pelas plantas, devido a relação da demanda evaporativa da atmosfera que estava elevada, e conseqüentemente a alta radiação solar, podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e o desenvolvimento das plantas, assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO₂ para produção de carboidratos (TAIZ; ZEIGER, 2017).

A necessidade em se resolver este conflito, leva a planta a desenvolver mecanismos morfofisiológicos, que as conduzem a economizar água para uso em períodos posteriores levando assim as plantas a tentarem atingir a produção de sementes. A deficiência hídrica

provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (KRON; SOUZA; BIBEIRO, 2019).

No entendimento das respostas das plantas ao déficit hídrico é de fundamental importância se quantificar a capacidade de armazenamento de água no solo e analisar a influência dos mecanismos de adaptação das plantas à redução da disponibilidade de água no solo, pois, de acordo Taiz; Zaiger (2017), a quantidade de água armazenada e disponível às plantas varia de acordo com a textura e as características físicas, levando a planta a apresentar diferentes respostas em seus mecanismos de resistência morfofisiológicas.

Algumas pesquisas destacadas no presente trabalho, mostram que nem sempre as doses mais elevadas dos polímeros exercem respostas positivas para algumas variáveis principalmente da família da Fabaceae, pois, o solo também pode atuar como uma barreira, impedindo e limitando a expansão do polímero e a retenção de água, pressupondo que as respostas relacionadas ao uso dos hidroabsorventes podem ter sido influenciadas pelas características físicas do solo (VALE et al., 2006).

Por isso, é um outro fator que merece destaque, podendo influenciar negativamente em algumas respostas fitotécnicas, pois, com a adição do polímero hidroabsorvente, a porosidade do solo pode ficar reduzida, havendo atraso no desenvolvimento da planta (STEINER; ZUFFO, 2018).

Um exemplo típico que pode ser explanado, são as baixas quantidades de oxigênio nas raízes, dificultando a rápida remoção do gás carbônico formado, ocorrendo redução na movimentação da solução, por elevar a capilaridade, minimizando então a relação água/ar, teoria proposta por Tiecher (2016), pressupondo respostas negativas com o uso dos polímeros hidroabsorventes, podendo também atribuir ao potencial de carga negativa ou capacidade de troca catiônica do polímero, causando prejuízos no desempenho da cultura, e limitando o potencial de produção (NASCIMENTO, 2019).

No período que foi realizado este trabalho houve precipitações hídricas normais durante o período do estabelecimento da cultura da soja. De um modo geral, tanto os produtos como as doses promoveram resultados nestas condições ambientais que indicam a necessidade de mais estudos, principalmente em épocas com baixa disponibilidade hídrica por ocasião da semeadura e estabelecimento da cultura da soja.

Ainda será necessário investigar melhor as causas e efeitos obtidos por outros trabalhos com estes hidroabsorventes na cultura da soja, pois possivelmente poderá proporcionar efeitos também durante o ciclo da cultura em definições de diversas características agronômicas.

Os resultados obtidos não apresentam uma lógica adequada para a determinação efetiva das doses estudadas neste trabalho, apenas os fenômenos deixam um possível indicativo de dose mais apropriada por volta dos 20 kg ha⁻¹ dos hidroabsorventes.

2.4 CONCLUSÕES

Os polímeros hidroabsorventes: Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/ HyC[®] na dose de 20 kg ha⁻¹ favoreceu a obtenção de aproximadamente 4% a mais de plantas com 322.083 plantas ha⁻¹ em relação a testemunha sem o uso destes produtos com 310.000 plantas ha⁻¹;

As doses do hidroabsorventes aumentaram o número de grãos por vagem e a massa de mil grãos e, conseqüentemente contribui para o aumento de produtividade pontualmente, mas somente até a dose 20 kg ha⁻¹ de hidrogel.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SOUZA, A. R. L.; SILVA, L. X. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, n. 2, p. 273-294. 2018.
- BARBEDO, C. J.; MARCOS FILHO, J. Tolerância à dessecação em sementes. **Acta Botânica**, v. 12, n. 2, p. 145-164, 1998.
- BARBIERI, M.; DOSSIN, M. F.; NORA, D. D.; SANTOS, W. B.; BEVILACQUA, C. B.; ANDRADE, N.; BOENI, M.; DEUSCHLE, D.; JACQUES, R. J. S.; ANTONIO, Z. I. Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e rotação de culturas de inverno e verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 121-130, 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DND/CLAV. 2009. 365 p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos (2018) – safra 2018/2019**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 10 fev. 2020.
- COSTA, J. A.; MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas: Fund. Cargill. 1982. 30 p.
- EMBRAPA- **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa. 2018. 356 p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja (2013)** – Região central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja. 2018. 265 p.

EMBRAPA. **Soja em números (safra 2019/2020)**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 25 Out. 2020.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology. 1981. 12 p.

FERRARI, M.; NARDINO, M.; CARVALHO, I. R.; PELEGRIN, A. J.; BELLÉ, R.; SZARESKI, V.; MEIRA, D.; CARON, B. O.; SOUZA, V. Q. Hidroretentores: alternativa para maior tolerância ao déficit hídrico na cultura da soja. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 1, p. 21–29, 2015.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

FIDELIS, R. R.; LOPES, M. B. S.; MARTINEZ, R. A. S.; MARQUES, K. B.; AGUIAR, R. W. S.; VELOSO, D. A. Influência do uso do hidrogel no cultivo da soja sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 5, p. 1219-1224, 2018.

FOLLI-PEREIRA, M. S.; MEIRA-HADDAD, L. S.; BAZZOLLI, D. M. S.; KASUYA, M. C. M. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1663-1679, 2012.

HYDROPLAN-EB: **Folha técnica**. Disponível em: <<http://www.hydroplan-eb.com/>>. Acesso em: 04 Dez. 2019.

KRAISIG, A. R.; SCREMIN, O. B.; MANTAI, R. D.; MAROLLI, A.; DE MAMANN, A. T. W.; BREZOLIN, A. P.; DA SILVA, J. A. G. Regressão por Superfície de Resposta pelo Uso Combinado de Nitrogênio e Hidrogel no Sistema Milho/Aveia. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2018.

KRON, A. P.; SOUZA, G. M.; BIBEIRO, R. N. Water deficiency at different developmental stages of *Glycine max* can improve drought tolerance. **Bragantia**, v. 27, n. 1, p. 43-49, 2019.

LOPES, M. B. S.; TAVARES, T. C. O.; VELOSO, D. A.; SILVA, N. C.; FIDELIS, R. R. Cowpea bean production under water stress using hydrogel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 1, p. 87-92, 2017.

MAPA: **Classificação dos solos (2008)**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/RPA%203%202015.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2020.

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**, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

MOTERLE, L. M.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; PINTO, R. J. B.; GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Combining ability of popcorn lines for seed quality and agronomic traits. **Euphytica**, v. 185, n. 3, p. 337-347, 2012.

NASCIMENTO, S. M. **Polímero de alta densidade e adubação foliar em palma orelha de elefante mexicana**. 2019, 87 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2019.

PELEGRIN, A. J.; NARDINO, M.; FERRARI, M.; CARVALHO, I. R.; SZARESKI, V. J.; BELLE, R.; CARON, B. O.; SOUZA, V. Q. Polímeros hidroredutores na cultura da soja em condições de solo argiloso na região norte do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 175-182, 2017.

PEREIRA, J. S.; OLSZEWSKI, N.; SILVA, J. C. Retenção de água e desenvolvimento do feijão caupi em função do uso de polímero hidrorretentor no solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 6, p. 582-591, 2018.

POLIM-AGRI: **Folha técnica**. Disponível em: <<http://polim-agri.com.br/>>. Acesso em: 04 dez. 2019.

PROTOCOLO RELARE- **Padronização e difusão de tecnologia de inoculantes microbianos de interesse agrícola**. Protocolo RELARE. 2001. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82266/1/Anais-da-XIII-Reuniao-da-Rede->>. Acesso em: 22 Set. 2020.

REYNALDO, E. F.; MACHADO, T. M.; TAUBINGER L.; QUADROS, D. Validação da qualidade de semeadura de milho e soja na região centro sul do estado do Paraná. **Enciclopédia biosfera**, v. 11, n. 22, p. 417-426, 2015.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; MALDANER, G. L. Rendimento de grãos e em diferentes sistemas de produção integração Lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 49-56, 2013.

SBCS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR. 2017. 482 p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas. 2009. p. 1-5.

SOUZA, I. J.; OLIVEIRA, Z. B.; SILVA, C. M.; GOIS, H.; RODRIGUES, L. R.; LINK, T. T.; MALFFINI, L. B. Componentes de rendimento de soja irrigada por aspersão em Cachoeira do Sul no ano agrícola de 2018/19. **CIÊNCIA E NATURA**, v. 42, Special Edition, e. 3, 2020.

STEINER, F.; ZUFFO, A. M. Elementos da natureza e propriedades do solo. Ponta Grossa: **Atena Editora**, v. 6, 227 p. 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre: **Artemed**. 2017. 954 p.

TIECHER, T. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. **Catálogo internacional na publicação-UFRGS**. 2016. 186 p.

VALE, F. R. G.; CARVALHO, S. P.; PAIVA, L. C. Avaliação da eficiência de polímeros hidroretentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. **Coffee Science**, v. 1, n. 1, p. 7-13, 2006.

3 ARTIGO 2. POLÍMEROS HIDROABSORVENTES E A INFLUÊNCIA NOS TEORES DOS NUTRIENTES E CARACTERES AGRONÔMICOS DA SOJA

RESUMO

As substâncias químicas presentes em hidrogéis podem contribuir para alterações em teores de clorofila e nutricionais na cultura da soja. O objetivo da realização deste trabalho foi avaliar o uso dos polímeros hidroabsorventes e a sua influência nos teores de clorofilas *a* e *b* e nutricionais na cultura da soja em um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (D.B.C.), com quatro repetições em esquema fatorial 2 x 6, sendo duas fontes e origem de polímeros (Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®]) e seis doses dos polímeros ou hidrogéis (0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹), totalizando 12 tratamentos. Os polímeros hidroabsorventes Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®] em todas as concentrações, não estimularam a produção de Clorofila *a*, Clorofila *b* e as Clorofilas totais. Não influenciaram no acúmulo de macro e micronutrientes e nem contribuíram para os melhores desempenhos das características agronômicas na cultura de soja nestas condições edafoclimáticas.

Palavras-chave: Pigmentos fotossintetizantes. Fósforo. Zinco.

HYDROABSORVENT POLYMERS THE INFLUENCE ON NUTRIENTS CONTENTS AND AGRONOMICS CHARACTERS SOYBEAN

ABSTRACT

The substances present in hydrogels can contribute to changes in chlorophyll and nutritional contents in soybean crops. The objective of this work was to evaluate the use hydroabsorbent polymers and their influence on levels of chlorophylls *a* and *b* and nutritional in soybean culture in an Eutropheric RED LATOSOL. The design used was in randomized blocks (DBC), with four replications in a 2 x 6 factorial scheme, two sources and origin of polymers (Polim-Agri pp[®] and Hydroplan-EB/HyC[®]) and six doses of polymers or hydrogels (0, 5, 10, 15, 20 and 30 kg ha⁻¹), totaling 12 treatments. Polim-Agri pp[®] and Hydroplan-EB/HyC[®] hydroabsorbent polymers in all operations, did not stimulate the production of Chlorophyll *a*, Chlorophyll *b* and total Chlorophylls, did not lead to any accumulation of macro and micronutrientes. Did not contribute to the best phytotechnical analyzes in soybean culture in the state of Paraná-Brazil.

Keywords: Photosynthetic pigments. Phosphorus. Zinc.

3.1 INTRODUÇÃO

Atualmente os maiores produtores mundiais da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) são os Estados Unidos com uma produção de 124 milhões de toneladas. A Argentina com 96 milhões de toneladas e o Brasil apresenta 126 milhões de toneladas, país de grande destaque, sendo reconhecido mundialmente por sua participação ativa no segmento agropecuário mundial e nas transações comerciais pelas exportações de seus produtos (CONAB, 2020).

Entre 35 e 45% de toda a soja produzida, é processada internamente para obtenção exclusiva de seus derivados, como o óleo e o farelo (LEMOS et al., 2017). De acordo com Sedyama (2016), a maioria das cultivares de soja apresentam em média 37 a 42% de proteínas, podendo alcançar cerca de 52%, e o teor de óleo entre 22 a 26%, e, atingir cerca de 27%.

Apesar da alta produção, essa espécie apresenta algumas limitações, dentre elas, os fatores ambientais, como a temperatura, radiação solar, concentração de CO₂ e a disponibilidade de água, que é um dos principais fatores que comprometem o desenvolvimento, o rendimento dos grãos e conseqüentemente a produtividade da soja (CHAVARRIA et al., 2015), visto que,

as plantas retiram da natureza todos os nutrientes para compor seu ciclo vital, sendo eles os orgânicos, como o carbono (C), oxigênio (O) e o hidrogênio (H) e os minerais.

Estes, por sua vez, são divididos pelo aspecto quantitativo em dois grupos: o primeiro, são os macronutrientes, absorvidos em kg ha^{-1} , representados por nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e o enxofre (S) (HANSEL; OLIVEIRA, 2016).

Conforme Silva; Santos (2014), a taxa fotossintética das plantas, são determinadas pela capacidade das folhas em realizar fotossíntese e de estarem associadas as clorofilas (clorofila *a*, clorofila *b* e as clorofilas totais) que são pigmentos integralmente relacionados as funções fisiológicas das plantas.

As clorofilas têm a função de absorver energia luminosa e transferí-la ao aparato fotossintético, de forma que o potencial da atividade e as clorofilas mantém uma associação direta, podendo influenciar na sua eficiência, elevando as produtividades agrícola, e consequentemente demonstrando uma relação direta com o aproveitamento da radiação disponível por esses pigmentos (SILVA; SANTOS, 2014).

Os períodos de crescimento mais sensíveis ao déficit hídrico ocorrem durante a germinação (V_e), e também no início do florescimento e no pleno enchimento de grãos (R_1 - R_6). Conforme o crescimento da planta, também cresce a exigência pela necessidade de água, atingindo o ápice no enchimento de grãos ($7 - 8 \text{ mm dia}^{-1}$), decrescendo após esse período (UMBURANAS, 2014).

A necessidade total de água na cultura varia entre $450 - 800 \text{ mm ciclo}^{-1}$. A redução na produtividade de grãos pelo estresse hídrico depende tanto do estágio fenológico no momento do estresse e da capacidade de compensação dos componentes produtivos (EMBRAPA, 2011).

Para atender à necessidade hídrica durante todo o ciclo desta cultura, pesquisas utilizando polímeros hidroabsorventes originados de poliacrilamidas (combustíveis fósseis), têm contribuído para aumentar a capacidade de retenção de água, melhorar as propriedades do solo e reduzir lixiviação de nutrientes, atuando como condicionadores de solo de tal forma que a natureza do arranjo das moléculas, confere a esse material, uma forma granular, que quando secos, e ao serem hidratados, os grânulos dilatam-se, transformando-se em partículas de gel, permitindo assim, a utilização mais efetiva dos recursos do solo, da água e da planta (CASTRO; FERREIRA, 2018).

Além de reduzir as perdas por percolação e lixiviação de nutrientes, melhora a aeração e drenagem do solo, acelera o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas, contribuindo para os maiores rendimentos das culturas, além de minimizar os custos de produção (DA ROS et al., 2017).

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os polímeros hidroabsorventes e a sua influência nas características bioquímicas, quantificação dos nutrientes e a relação com as análises fitotécnicas em plantas de soja.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado e conduzido em outubro de 2019, na Estação Experimental de Horticultura e Controle Biológico Professor Mário César Lopes (latitude 24° 46' S, longitude 54° 22' O e altitude de 420 m), pertencente ao Núcleo de Estações Experimentais, e este pertence a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon – PR.

As amostras de solo foram encaminhadas para o Laboratório de Química Ambiental e Industrial, (UNIOESTE), tendo como resultado: pH em CaCl₂ = 5,50; MO = 29,39 g Kg⁻¹, P = 18,59 mg dm⁻³, Ca⁺² = 3,74 cmolc dm⁻³, Mg⁺² = 1,85 cmolc dm⁻³, K⁺ = 0,36 cmolc dm⁻³, Al⁺³ = 0,00 cmolc dm⁻³, H+Al = 2,98 cmolc dm⁻³, SB = 5,95 cmolc dm⁻³, CTC = 8,93 cmolc dm⁻³, V = 66,64% .

Foram utilizados vasos de 10 L, contendo como substrato solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura argilosa, classe tipo 3, segundo a EMBRAPA (2018).

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados (D.B.C.) com quatro repetições e em esquema fatorial 2 x 6, totalizando 12 tratamentos. O primeiro fator foi constituído pelas fontes dos polímeros hidroabsorventes: Polim-Agri pp[®] e o Hydroplan-EB/HyC[®], sendo o segundo fator constituído pelas doses: 0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹.

Foi utilizado o sistema de irrigação do tipo microaspersão, onde as plantas de soja, foram irrigadas quatro vezes ao dia, durante 15 minutos, e a adubação de base foi feita com a seguinte formulação: 0-20-20 (N-P₂O₅-K₂O), de acordo com o manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná (SBCS, 2017).

Em seguida, foi realizada a perfuração manual do solo com profundidade de 0,5 cm para facilitar a aplicação dos polímeros hidroabsorventes: Polim-Agri pp[®], com granulometria de 0,5 mm (POLIM-AGRI, 2019) e do Hydroplan-EB/HyC[®] que é um polímero com textura sólida fina, com granulometria < 0,5 mm, coloração branca, inodora e indicada para solo de textura argilosa (HYDROPLAN-EB, 2019).

Foi feita uma aplicação de aproximadamente 3,14 x 10⁴ células por g de solo com o inoculante *Bradyrhizobium elkanii*, de acordo com a metodologia descrita no Protocolo da

Relare (2001). O plantio foi realizado de forma manual, utilizando três sementes por vaso com a cultivar da soja NA 5909 RG, e no décimo quinto dia, foi feito o desbaste, deixando apenas uma planta em cada vaso.

O manejo das plantas daninhas foram realizados através de capinas manuais durante todo o estágio vegetativo e início do estágio reprodutivo da cultura, e o manejo de pragas, se deu através do monitoramento no estágio R3 ao detectar a incidência do percevejo verde (*Nezara viridula* L.), em seguida, procederam-se as aplicações do ingrediente ativo Deltametrina na dosagem recomendada pelo fabricante: 300 mL/ha.

No estágio R1, foi feita a determinação bioquímica da Clorofila *a*, Clorofila *b* e Clorofilas totais, destacando-se o terceiro trifólio da quarta folha a partir do ápice da haste principal, em seguida, acondicionadas em sacos de papel tipo Kraft, e transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos (UNIOESTE), onde as amostras das folhas mediam 14,0 cm², posteriormente, colocadas em tubos Falcon de 15,0 cm³ previamente revestidos com papel alumínio e preenchidos com 10 mL de acetona a 80% para obtenção do extrato. Em seguida, foram feitas as leituras dos teores de pigmentos verdes, presentes nos tecidos foliares.

As amostras permaneceram em repouso durante 48 horas a 25 °C. Ao término desse período, alíquotas de 3 mL foram transferidas para cubetas de quartzo de 3,0 cm³ e, em seguida, foram obtidos os valores de absorvância, com comprimentos de ondas variando de 645 a 663 nm. Os resultados para a concentração de Clorofila *a* (Clo *a*), Clorofila *b* (Clo *b*) e a soma delas, foram determinadas a partir das equações 1, 2 e 3, descrita por Arnon (1949), e expressos em μmol m², considerando a Clorofilas totais (Clo totais), obtida a partir da extração da área foliar e a massa molar das Clorofilas *a* e *b*.

$$\text{Clorofila } a = 12,7 A_{663} - 2,69 A_{645} \quad (1)$$

$$\text{Clorofila } b = 22,9 A_{645} - 4,68 A_{663} \quad (2)$$

$$\text{Clorofilas totais} = \text{Clorofila } a + \text{Clorofila } b \quad (3)$$

No estágio R6 (FEHR; CAVINESS, 1981), utilizou-se uma planta contida no vaso, para as análises fitotécnicas: altura de plantas (AP) (cm) foi feita desde a superfície do solo, até a inserção do racemo do ápice da haste da principal planta, com a ajuda de uma fita métrica graduada em centímetros (BRASIL, 2009), a contagem do número de vagens por planta (VPP) e o número de grãos por vagem (NGV) (SANTOS et al., 2013), foram feitas pela contagem do

número de grãos em 10 vagens, retiradas de 10 plantas por parcela, sendo três vagens da parte superior, três vagens do terço médio, e uma do terço inferior.

Cada planta, foi cortada rente ao solo, e o material vegetal foi pesado em balança de precisão para determinação da massa fresca da parte aérea (MFPA), e os resultados expressos em (g). Posteriormente, embaladas em sacos de papel Kraft, de acordo com seus respectivos tratamentos, e levadas para o Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudanças, (UNIOESTE), onde foi obtida a massa seca da parte aérea (MSPA) em estufa de circulação forçada, a uma temperatura de 65 °C durante 72 h, e os resultados expressos em (g).

Em seguida, foram coletadas amostras de solo, e, levadas para o Laboratório de Química Ambiental e Industrial, (UNIOESTE), para a determinação dos macronutrientes e micronutrientes nas plantas: cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e fósforo (P) foram determinadas por meio de digestão sulfúrica (AOAC, 2005) e espectroscopia de ultravioleta-visível (UV-Vis), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e zinco (Zn) foram realizados de acordo com a digestão nitro perclórica (AOAC, 2005), aliadas a espectrofotometria de absorção atômica (EAA) (WELZ; SPERLING, 1999).

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando o teste F ($p \leq 0,05$) utilizando o Software SISVAR[®] (FERREIRA, 2008).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado efeito significativo dos polímeros hidroabsorventes: Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®], e as respectivas doses: 0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹ isoladamente e nem mesmo nas combinações para todas as variáveis analisadas (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância com as avaliações bioquímicas: clorofila *a* (Clo *a*) $\mu\text{mol m}^2$, clorofila *b* (Clo *b*) $\mu\text{mol m}^2$ e clorofilas totais (Clo totais) $\mu\text{mol m}^2$, e com as características fitotécnicas (altura de planta (AP) cm; número total de vagens por planta (VPP); número de grãos por vagem (NGV); massa fresca da parte aérea (MFPA) g e massa seca da parte aérea (MSPA) g; Marechal Cândido Rondon, Paraná-Brasil.

FV	GL	Quadrados Médios							
		Clo <i>a</i>	Clo <i>b</i>	Clo totais	ALT	VPP	NPP	MFPA	MSPA
Bloco	3	4,95 ^{ns}	5,35 ^{ns}	17,61 ^{ns}	153,57 ^{ns}	2220,52 ^{ns}	7458,68 ^{ns}	5086,69 ^{ns}	7215,03 ^{ns}
Fontes	1	0,58 ^{ns}	2,58 ^{ns}	5,56 ^{ns}	3,52 ^{ns}	99,18 ^{ns}	431302 ^{ns}	7,84 ^{ns}	1241,35 ^{ns}
Doses	5	1,28 ^{ns}	4,52 ^{ns}	7,45 ^{ns}	69,92 ^{ns}	968,62 ^{ns}	4498,52 ^{ns}	868,92 ^{ns}	4512,73 ^{ns}
Fontes*Doses	5	4,34 ^{ns}	5,27 ^{ns}	15,94 ^{ns}	81,22 ^{ns}	1169,68 ^{ns}	4313,42 ^{ns}	420,03 ^{ns}	3837,40 ^{ns}
Resíduo	33	2,56	6,53	8,83	81,33	1392,61	5834,70	1046,89	8095,46
Total	47								
CV (%)		24,05	80,86	30,28	13,57	36,91	38,29	36,76	36,48

Nota: ^{ns} não significativo; * significativo a 5%, ** significativo a 1% de probabilidade

Os resultados apresentados não demonstraram diferenças significativas entre os tratamentos quando avaliaram as análises bioquímicas e as características fitotécnicas na soja, visto que, um dos possíveis fatores que justifica esses comportamentos, podem estarem atribuídos à similaridade dos polímeros quanto a sua granulometria, estrutura da cadeia polimérica, densidade de reticulantes, quantidade de acrilamida dentre outros aspectos (AZEVEDO et al., 2002).

Brito et al. (2013), explicaram que o processo de intumescimento de um polímero hidroabsorvente é governado por fatores físicos intrínsecos, tais como, presença de grupos hidrofílicos na estrutura da cadeia polimérica de menor densidade de crosslinking (ação desencadeada à partir da reticulação do gel de ácido hialurônico) e alta flexibilidade, que contribuem para um maior intumescimento do material, como também os fatores ambientais que podem influenciar de forma positiva ou negativa na taxa fotossintética, que por sua vez, refletirá nas características fitotécnicas, e, conseqüentemente na produtividade em algumas espécies de plantas.

Não verificaram-se diferenças significativas quando utilizou-se: Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®], e nas doses: 0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹, analisando-se a Clorofila *a*: 6,65 $\mu\text{mol m}^2$, a Clorofila *b*: 3,15 $\mu\text{mol m}^2$ e as Clorofilas totais: 9,81 $\mu\text{mol m}^2$ em folhas de soja. E a Hydroplan-EB/HyC[®] para a Clorofila *a*: 6,65 $\mu\text{mol m}^2$, a Clorofila *b*: 3,04 $\mu\text{mol m}^2$ e as Clorofilas totais: 9,81 $\mu\text{mol m}^2$ em folhas de soja.

Comportamento semelhante ao presente trabalho foi verificado por Chavarria et al. (2015), quando avaliaram a atividade fotossintética em plantas de soja sob variação da disponibilidade hídrica, não verificaram diferença significativa nos tratamentos avaliados para Clorofila *a*: 6,52, Clorofila *b*: 3,20 e Clorofila totais: 10,72 $\mu\text{mol m}^2$ em folhas de soja, os pigmentos fotossintéticos produzidos não prejudicaram no crescimento vegetativo.

Dessa maneira, pode-se destacar que as condições as quais o trabalho foi conduzido não foram suficientes para estimular a produção dos pigmentos fotossintéticos na soja. Visto que, a taxa da fotossíntese tem que permanecer equilibrada, verificando que apesar dos fatores ambientais, como exemplo: as reações luminosas, podem ter estimulado o transporte de elétrons, e ter contribuído para o aumento do NADP^+ (SILVA, 2016).

Resultando na síntese de espécies reativas de oxigênio (ROS), que por sua vez, manteve a enzima ATP sintase e acelerou a síntese de ribulose 1,5-bifosfato (RuBP), ocorrendo consequentemente aumento na atividade da rubisco, porém, mesmo com o aumento da atividade, ainda assim não foi suficiente para que houvesse aumento na produção (TAIZ; ZEIGER; 2017).

Além do aumento na taxa de transporte de elétrons e fotofosforilação, ambos os processos da etapa fotoquímica da fotossíntese e a demanda hídrica disponível, podem ter influenciado pelas exigências na cultura da soja e correspondido positivamente no desempenho fisiológico, na assimilação de carbono, o que deve ter contribuído para o completo estabelecimento do seu ciclo, sobretudo no período reprodutivo, e aumentado o período de alocação de reservas para as estruturas reprodutivas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Quando utilizaram-se as fontes de variações dos polímeros hidroabsorventes: Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®], e as doses: 0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha^{-1} , não verificaram diferenças significativas nos tratamentos quando avaliaram-se a altura de plantas (AP) de soja, obtendo-se médias: 66,47 cm e 66,37 cm, respectivamente.

Os resultados do presente trabalho corroboram com os obtidos por Lopes (2016), quando avaliaram a influência dos polímeros hidroabsorventes: Polim-Agri pp[®] nas doses: 0, 5, 10, 15 e 20 kg ha^{-1} , obtiveram médias para a altura de planta (AP) na cultura da soja que variaram de 55,00 a 74,00 cm e o Hydroplan-EB/HyC obtiveram médias entre 55,00 a 72,50 cm.

Entretanto, vários fatores devem ser levados em consideração, como a cultivar utilizada no presente estudo, a NA 5909 RG, por ser uma espécie geneticamente melhorada, ela tem porte médio, apresentando altura de planta (AP) em torno de 63,00 a 72,00 cm. Já a cultivar MSOY 8644, apresenta altura de planta (AP) que pode variar de 68 a 77,00 cm. Embora as duas

cultivares de soja expressem aspectos morfológicos distintos, foram testadas com polímeros hidroabsorventes e resultaram em comportamentos aproximados para a altura de plantas.

Vale salientar que a altura de planta é uma característica muito influenciada pela genética da cultivar e pelo arranjo populacional, onde cultivares submetidas às maiores populações, apresentam de modo geral, maior porte e maior altura de inserção da primeira vagem (PELUZIO et al., 2010).

De acordo com Sedyama et al. (2015), o desejável para uma colheita mecanizada eficiente, é que, a cultivar apresente altura de planta variando de 50 a 60 cm. Dessa forma, os resultados obtidos neste trabalho foram concordantes com essa informação, pois a cultivar NA 5909 RG obteve desempenho morfológico dentro dos padrões aceitáveis. Segundo Ormond et al. (2015), a altura de planta ideal para colheita mecanizada para diversas cultivares da soja pode ter uma variação na média entre 60 a 90 cm.

Para o número de vagens por planta (VPP), utilizando as fontes de variações dos polímeros hidroabsorventes: Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®], e as doses: 0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹, não observaram-se diferenças significativas. Também não foram observadas diferenças significativas quando utilizaram-se os mesmos polímeros e doses para o número de grãos por vagem (NGV), obtendo-se médias: 199,47 e 199,470, respectivamente na produção da soja.

Sabe-se que a planta de soja apresenta uma grande plasticidade quanto à resposta ao arranjo espacial de plantas, podendo variar quanto ao número de ramificações, de vagens e de grãos por planta (EMBRAPA, 2013). O número de vagens por planta e o número de grãos por vagem são características quantitativas muito influenciadas pelo manejo da cultura e pelas condições ambientais, que responde significativamente ao índice de crescimento vegetativo, e as características da cultivar (AMORIM et al., 2011).

Dessa forma pode-se afirmar que o manejo da cultura e irrigação em todo o ciclo produtivo, como também o incremento dos polímeros hidroabsorventes: Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®], podem ter contribuído para que a cultivar da soja NA 5909 RG utilizada no presente trabalho apresentasse resultados satisfatórios nas avaliações de VPP e NGV.

Não apresentaram diferenças significativas quando utilizaram-se os polímeros Polim-Agri pp[®] e o Hydroplan-EB/HyC[®] e as doses: 0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹, para a matéria verde e seca da parte aérea na soja, apresentando as seguintes médias para (MFPA): 244,40 g e 246,41 g, respectivamente. E para a matéria seca de parte aérea (MSPA): 87,99 g e 88,00 g, respectivamente.

É importante ressaltar que, em todos os tratamentos avaliados na massa fresca da parte

aérea (MFPA) e na massa seca da parte aérea (MSPA) não diferiram quanto aos seus tratamentos, demonstrando que possivelmente as plantas obtiveram uma velocidade constante em seu crescimento, e conseqüentemente, comprovando a sua uniformidade.

Comportamento similar ao presente trabalho foi verificado por Scarsi (2015), quando utilizou os biopolímeros: Alginato de sódio (ALG) da empresa Sigma-Aldrich e Álcool polivinílico (PVOH), adquirido da Sigma-Aldrich, e as doses: 0; 2,00; 4,00; e 6,00 kg ha⁻¹, e avaliaram as características fitotécnicas na cultura da soja, não verificaram diferenças estatísticas, apresentando médias para (MSPA) que variaram de 98,00 a 108,00 g na cultivar da soja NK 7059RR, respectivamente.

Crispim (2019), avaliando o hidrogel (copolímero de poliácido de potássio poliácridamida Forth Gel[®]), como alternativa para o desenvolvimento de feijão caupi (*Vigna unguiculata*) em casa de vegetação, utilizou as doses de 0 e 300 mL do gel hidratado/vaso, entretanto, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos quando avaliou a massa seca da parte aérea (MSPA), apresentando médias de 91,0 a 106,0 g.

Segundo Teodoro (2015), a maior interceptação de radiação solar e a eficiência de utilização dessa energia através do processo fotossintético na cultura da soja, favorece a alongação da haste principal e ramificações, expansão foliar, pegamento de vagens e grãos e, fixação biológica, ocorrendo o aumento da fitomassa, a partição de fotoassimilados e o acúmulo dos órgãos reprodutivos nos estádios reprodutivos R2 e durante o R7 na cultura da soja, influenciando no aumento da produtividade.

Além da luminosidade, a água também é considerada um dos principais fatores que regula o crescimento e o desenvolvimento da soja, assim como a habilidade para resistir à falta dela, que é de fundamental importância para a continuidade do ciclo de vida da cultura (TAIZ; ZEIGER, 2017).

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 das plantas, reduzindo assim o seu potencial fisiológico e podendo comprometer a produtividade (SILVA et al., 2015).

Segundo Carneiro (2011), a água além de ser necessária ao crescimento das células, é um elemento essencial para a manutenção da turgescência e é responsável pelo crescimento das plantas. Assim, o manejo correto, influencia diretamente na parte aérea podendo ser considerada como a primeira reação das plantas quanto ao seu crescimento, desenvolvimento e produção (FERRARI; PAZ; SILVA, 2015).

A água durante o período de irrigação, está associado a água retida no polímero o que pode atrapalhar a aeração do solo no vaso e o desenvolvimento das raízes, corroborando com Sousa et al. (2013), quando afirmaram que o desenvolvimento das raízes das plantas tende a decrescer devido ao excesso de água provocado pelas elevadas concentrações do polímero, diminuindo a aeração do substrato. As altas concentrações dos polímeros hidroabsorventes, proporcionam alterações na condutividade elétrica e no pH do solo contido nos vasos, o que pode limitar a absorção de alguns nutrientes pelas plantas.

Outro fator relevante na presente pesquisa, é o fato de que os polímeros hidroabsorventes podem ter influência positiva ou negativa na retenção e disponibilidade da água para as plantas, de acordo com os atributos físicos do solo, como exemplo a granulometria, quando refere-se à distribuição do tamanho das partículas no solo. A escala de tamanho varia enormemente, desde partículas grandes (areia), visíveis a olho nu, até partículas muito pequenas (argila), que apresentam propriedades coloidais (AZEVEDO; BONUMÁ, 2004).

O tamanho dessas partículas é de grande importância, pois, determina o seu número por unidade de volume ou de massa, e a superfície que as expõem. A distribuição percentual da argila, silte e areia, é considerada, segundo Stefanoski et al. (2013), a característica física mais estável e a sua correlação com a superfície específica, tornando-se uma das propriedades mais importantes do solo, o que viabiliza a retenção de água.

Por isso, o conhecimento sobre a distribuição granulométrica das partículas sólidas do solo é essencial para várias aplicações, como na análise da qualidade do solo, estudo sobre compactação, movimentação e disponibilidade da água no solo, da aeração e da condutividade do solo ao ar, à água e ao calor (BERTOL et al., 2012).

A porosidade do solo pode ser definida como o volume de vazios ou o espaço do solo não ocupado pela matriz (conjunto dos componentes orgânicos e inorgânicos). Os poros podem conter: ar, água e solutos, sendo assim, um meio adequado para a planta crescer. Portanto, a quantidade de espaço poroso disponível é usada como fator para avaliar a sustentabilidade do solo como meio para a raiz da planta se desenvolver (BERTOL et al., 2012).

Mentges et al. (2010), afirmaram que a porosidade do solo interfere na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e à ramificação das raízes no solo e, conseqüentemente, no aproveitamento de água e nutrientes disponíveis. O solo ideal deve apresentar volume e dimensão dos poros adequados para a entrada, movimento e retenção de água e ar para atender às necessidades das culturas.

Stefanoski et al. (2013), estudando a retenção de água em solos com diferentes manejos, observaram que as frações granulométricas mais finas dos solos foram aquelas que

mais influenciaram na retenção de água pelas plantas, promovendo ainda a acomodação das partículas e a distribuição de poros por tamanho.

A densidade do solo representa a relação entre a massa dos sólidos do solo e o volume que a massa ocupa, ou seja, o volume do solo incluindo o espaço ocupado pelo ar e pela água, o que pode estar associado ou não ao estado de compactação, com probabilidades de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular, pois, o solo é um material poroso, por compressão, a mesma massa de material sólido, que pode ocupar volume menor, afetando a sua estrutura, o arranjo, o volume dos poros e as características de retenção de água (STEFANOSKI et al., 2013).

Segundo Reichert; Reinert (2006), os valores normais de densidade para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9 kg dm⁻³, enquanto que os solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 0,9 a 1,7 kg dm⁻³.

É um importante parâmetro avaliativo, pois, pode ser um determinador da porosidade total, e assim, influenciar na forma e no tamanho dos poros, contribuindo em um ou mais fatores como densidade e granulometria ao longo do ciclo da cultura através das modificações, como: aeração, compactação, temperatura e a relação com a retenção de água no solo e a disponibilidade para as plantas (BERTOL et al., 2012).

Vale salientar que todas as concentrações do polímero hidroabsorvente no presente trabalho pode ter influenciado no acúmulo dos macronutrientes: fósforo (P), potássio (K), cálcio e magnésio (Mg), possivelmente em razão da diminuição da lixiviação de destes elementos, em particular o potássio (K) que é um dos macronutrientes que mais tem problemas com a lixiviação (ORIOLI JÚNIOR; COUTINHO, 2009).

Verificou-se que os polímeros podem ter contribuído na retenção de quantidades favoráveis de macronutrientes e disponibilizá-los às plantas por um maior intervalo de tempo, havendo uma maior absorção por parte da planta. Tal fato pode ser explicado, pois houve, um maior acúmulo de fitomassa obtido na parte aérea das plantas de soja, visto que o P apresenta grande importância no desenvolvimento das espécies, sendo o elemento, depois do nitrogênio, o que mais restringe o crescimento das plantas em caso de deficiência (MALAVOLTA, 2006).

Além do P ser elemento essencial para os processos de armazenamento e fornecimento de energia. Segundo Rosolem (1980), juntamente com o K, é o mais prontamente redistribuído via floema, e para outras partes da planta, em particular aos órgãos novos e os que estão em fase de crescimento.

Absorvido na forma de K⁺, o potássio é outro elemento importante quando relacionados aos aspectos de crescimento e produção. Tendo influência no balanço nutricional da cultura,

apresentando ação enzimática, responsáveis pela abertura e fechamento dos estômatos e faz a regulação osmótica dos tecidos (MALAVOLTA, 2006).

Verificou-se no presente trabalho, que as altas concentrações de K pode ter influenciado nos baixos teores de Ca e Mg. Esse balanço nutricional é de extrema importância, pois o Mg inibe a absorção de K. É importante ressaltar que apesar das pequenas concentrações, e possivelmente exerceram suas funções, sendo responsáveis pelo controle metabólico das plantas, mantendo a integridade funcional da membrana celular, estimulam o crescimento das raízes e parte aérea, influenciando no desenvolvimento da gema apical e na emergência das folhas primárias (TAIZ; ZAIGER, 2017).

O Mg também apresentou pequenas quantidades, vale salientar que é um elemento constituinte da clorofila de grande importância para a cultura, e responsáveis pela realização da fotossíntese, além de participarem de diversos processos metabólicos, ativam enzimas, dentre elas, as relacionadas à síntese de carboidratos e outras envolvidas na síntese de ácidos nucleicos (EL HAGGAN, 2014).

Utilizando-se as fontes de variações: Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®], e as doses: 0, 5, 10, 15, 20 e 30 kg ha⁻¹, não verificaram-se diferenças significativas nas médias para a avaliação dos micronutrientes como o cobre (Cu): 8,32 mg.Kg⁻¹, o zinco (Zn): 1,91 mg.Kg⁻¹, o manganês (Mn): 70,63 mg.Kg⁻¹ e o ferro (Fe): 6,46 mg.planta⁻¹, quantificadas na parte aérea da soja.

Ao analisar a alta concentração de P, observou-se uma redução na absorção de Cu pelas plantas. Vale salientar que o mecanismo desta interação não é bem compreendido, mas acredita-se que não seja devido a reações de precipitação no solo e sim, que esteja envolvido com os processos fisiológicos da planta (DOMINGOS; LIMA; BRACCINI, 2015).

No presente trabalho, também observaram-se elevadas quantidades de P, e baixos teores de Zn em todas as concentrações dos polímeros. Esse balanço nutricional pode ter contribuído positivamente quando avaliaram-se as características agrônomicas na cultivar da soja, visto que, as plantas obtiveram um bom desempenho agrônômico.

Pois o P é essencial para as culturas, porque estimula o desenvolvimento anatômico das folhas, é responsável pela lignificação celular (BARBOSA et al., 2013), participa em várias funções do metabolismo primário (fotossíntese e respiração), e está envolvido em importantes rotas metabólicas (GUO et al., 2010), atuando, principalmente, na síntese de proteínas, decorrente da sua participação na formação do aminoácido triptofano, precursor do ácido indol acético, estimulando o crescimento das plantas, internódios, folhas e no aumento da produtividade (EL HAGGAN, 2014).

Na presente pesquisa foram detectadas altas concentrações de Mn evidenciando que foram suficientes para suprir o crescimento da soja, pois a concentração adequada nos tecidos vegetais é a partir de 50 mg Kg^{-1} , contribuindo para que as folhas acumulem altas concentrações no decorrer do ciclo da cultura, e distribua uma pequena fração do nutriente e remobilize das folhas velhas para as folhas em crescimento (SFREDO, 2008).

Desta forma, influenciam no aumento da taxa fotossintética nas folhas, estimulando a absorção de nutrientes pelas raízes das plantas, podendo aumentar a eficiência dos polímeros hidroabsorventes e fertilizantes, como também tornar disponíveis os micronutrientes presentes nos solos, mesmo que em baixas concentrações, ocorrendo uma rápida correção através do balanço nutricional realizados pelas plantas e influenciando na velocidade de crescimento, desenvolvimento e produção (BINDRABAN et al., 2015).

A baixa quantidade de ferro (Fe^{2+}) encontrada na presente pesquisa, exerceram um importante papel nas diversas funções que a planta exerce, como exemplo o transporte de elétrons nos processos fotossintéticos e de fosforilação oxidativa (respiração), como também a fixação biológica do nitrogênio atmosférico (CAMPOS; REIS, 2017).

Verifica-se que há uma exigência de cada cultura por nutrientes e que pode ser inferida a partir da extração total e da marcha de absorção dos nutrientes, principalmente pela existência de picos de máxima absorção pela planta, por uma determinada espécie vegetal que é influenciada por diversos fatores, dentre eles as condições climáticas, temperaturas ideais de acordo com o estágio da cultura, as cultivares utilizadas, os diversos tratos culturais, o controle de pragas e doenças, e o de plantas daninhas e a inovação de insumos agrícolas para garantir êxito na produtividade (EMBRAPA, 2014).

Por isso, a aplicação de adubos destina-se a cobrir diferenças entre exigência da cultura e o fornecimento pelo solo, levando-se em conta a compensação pelas perdas de diversos tipos como volatilização, lixiviação, imobilização, fixação e erosão (MALAVOLTA, 2006).

Nesse mesmo raciocínio, a prática da adubação, procura introduzir o manejo correto para as culturas, utilizando pesquisas a partir das inovações tecnológicas dentro da cadeia produtiva da soja, e incentivando o uso do insumo, como os polímeros hidroabsorventes que são responsáveis pelo melhor aproveitamento da água e eficiência dos adubos, exercendo papel importante no processo de disponibilização e fornecimento de nutrientes às plantas, principalmente de N, P, K e micronutrientes (RAIJ, 2011).

A nutrição mineral exerce influência nas estruturas e no metabolismo dos vegetais, de maneira que quando uma planta está em estado de deficiência nutricional pode-se evidenciar diferenciações na estrutura anatômica, inclusive nos conteúdos de pigmentos. Segundo Corrêa

et al. (2009), alguns nutrientes, como por exemplo o N, podem aumentar a produção de clorofilas, e por consequência influenciar o rendimento final da cultura (EMBRAPA, 2014).

Os pigmentos vegetais são substâncias que absorvem a energia luminosa, e permitem que a mesma desempenhe seu papel no ciclo biológico vegetal, que seria a canalização da energia solar em energia química por meio de processos fotossintéticos. Os principais pigmentos vegetais são as clorofilas, fitocromos, flavinas carotenoides e antocianina. Entretanto, o grupo das clorofilas é o mais importante, pois participa diretamente no processo de fotossíntese.

Segundo Rêgo (2001), vários tipos de clorofilas podem ocorrer nos vegetais, sendo as clorofilas *a* e *b* as mais importantes. Devido sua relação direta com a absorção e transferência luminosa, as clorofilas são frequentemente utilizadas para estimar o potencial fotossintético das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Entretanto, como forma de comprovar os seus efeitos nas plantas de soja, foi realizado por meio da análise, a quantificação química de macronutrientes e micronutrientes no solo, na qual mostraram-se o acúmulo destes nutrientes através da assimilação demonstradas através a adição dos polímeros hidroabsorventes aplicados ao solo e que pode ter contribuído para o alongamento do sistema radicular, crescimento, desenvolvimento das plantas e garantindo uma maior produtividade de grãos (MARSCHNER, 2012).

Dessa forma, a eficiência do uso correto da água e da adubação são fatores que mais afetam a produtividade agrícola, influenciando nos custos de produção com reflexos na rentabilidade das cultivares. Evidenciando que a utilização desses polímeros na agricultura podem contribuir para a máxima eficiência sobre a cultura da soja, preservando as características do solo, reduzindo as perdas de água por percolação e garantindo a melhoria na aeração e drenagem do solo, modificando as características químicas e física do solo, podendo também equilibrar os valores de pH da solução do solo, reduzir a salinidade, influenciando nas associações simbióticas das leguminosas e estabelecendo um equilíbrio no sistema solo-planta-atmosfera (VATANSEVER; OZYIGIT; FILIZ, 2017).

3.4 CONCLUSÕES

Os polímeros hidroabsorventes Polim-Agri pp[®] e Hydroplan-EB/HyC[®] em todas as concentrações, não estimularam a produção de Clorofila *a*, Clorofila *b* e as Clorofilas totais, não influenciaram no acúmulo de macro e micronutrientes e nem contribuíram para os melhores desempenhos nas análises fitotécnicas na cultura de soja.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, F. A.; HAMAWAKI, O. T.; SOUSA, L. B.; LANA, R. M. Q.; HAMAWAKI, C. D. L. Época de semeadura no Potencial produtivo de Soja em Uberlândia-MG. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1793-1802, 2011.
- AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18. ed. Maryland, 2005.
- ARNON, D. I.; Copper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenol oxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 24, n. 1, p. 1-14, 1949.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura, **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 23-31, 2002.
- AZEVEDO, A. C.; BONUMÁ, A. S. Partículas coloidais, dispersão e agregação em Latossolos. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 609- 617, 2004.
- AZZAM, R. A. I. Polymeric conditioner gels for desert soils. **Communication Soil Science Plant**, v. 14, n. 1, p. 739-760, 1983.
- BARBOSA, I. R. H. Foliar copper uptake by maize plants: effects on growth and yield. **Ciência Rural**, v. 43, n. 9, p. 1561-1568, 2013.
- BERTOL, I.; MAFRA, A. L.; COGO, N. P.; BARBOSA, F. T.; MIQUELLUTI, D. J.; OLIVEIRA, L. C.; RECH, T. D.; MOREIRA, M. A. **XIX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, 2012. 20 p.
- BINDRABAN, P. S.; DIMKPA, C.; NAGARAJAN, L.; ROY, A.; RABBINGE, R. Revisiting fertilisers and fertilisation strategies for improved nutrient uptake by plants. **Biology and fertility of soils**, v. 51, n. 8, p. 897-911, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DND/CLAV, 2009. 365 p.
- 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**, v. 36, n. 1, p. 40-45, 2013.
- CAMPOS, M.; REIS, A. R. Physiological highlights of manganese toxicity symptoms in soybean plants: Mn toxicity responses. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 113, n. 1, p. 6-19, 2017.
- CARNEIRO, M. M. L. C. **Trocas Gasosas e Metabolismo Antioxidativo em Plantas de Girassol em Resposta ao Déficit Hídrico**. 2001. 43 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia vegetal). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS, 2011.

CASTRO, R. F. B.; FERREIRA, R. C. Uso do hidrogel na cultura do coentro. **Congresso Nacional da Diversidade do Semiárido**, Mossoró-RN, p. 1-5, 2018.

CHAVARRIA, G.; DURIGONII, M. R KLEINI, V. A.; KLEBERI, H. Restrição fotossintética de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1387-1393, 2015.

CRISPIM, W. A. **Hidrogel como alternativa para o desenvolvimento de leguminosas no Semiárido**. 2019. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Fortaleza-CE, 2019.

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Soja: **Análise mensal**. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Downloads/SojaZ-ZAnliseZMensualZ-ZMaioZ2019_1.pdf>. Acesso em: 09 Out. 2020.

DA ROS, C. O.; SILVESTRIN, T. B.; SOMAVILLA, L.; PERRANDO, E. R.; SILVA, R. F. Perdas de nutrientes por lixiviação na produção de mudas de cedro australiano. **Floresta e Ambiente**, n. 24, p. 1-10, e. 20160081, 2017.

DOMINGOS, C. S.; LIMA, L. H. S.; BRACCINI, A. L. Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 3, p. 132-140, 2015.

EL HAGGAN, E. A. L. M. A. Effect of micronutrients foliar application on yield and quality traits of soybean cultivars. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 7, n. 11, p. 908-914, 2014.

EMBRAPA SOJA: **Tecnologias de produção de soja - região central do brasil 2011**. Londrina: Embrapa Soja, 2019.

EMBRAPA- **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

EMBRAPA: **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2013**. 21. ed. Londrina: Embrapa soja, 2013. 268 p.

EMBRAPA: **Soja em números (safra 2014)**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 24 Abr. 2020.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1981. 12 p.

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

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

GUO, X. Y.; ZUO, Y. B.; WANG, B. R.; LI, J. M.; MA, Y. B. Toxicity and accumulation of copper and nickel in maize plants cropped on calcareous and acidic field soils. **Plant and Soil**,

v. 333, n. 1-2, p. 365-373, 2010.

HANSEL, F. D.; OLIVEIRA, M. L. Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. **Informações Agronômicas – IPNI**, v. 153, 2016.

HYDROPLAN-EB: **Folha técnica**. Disponível em: <<http://www.hydroplan-eb.com/>>. Acesso em: 04 Dez. 2019.

KLEIN, V. A. **Física do Solo – Passo Fundo**: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212 p.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015.

LOPES, M. B. S. **Hidrogéis como alternativa no aumento da capacidade de retenção de água no solo para cultura da soja e do feijão caupi**. 2016. 66 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Gurupi-TO, 2016.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**, v. 42, n. 117, p. 518-534, 2018.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **Ceres**, 2006. 638 p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 3nd ed. London: **Academic Press**, 2012. 651 p.

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

MENTGES, M. I.; REICHERT, J. M.; ROSA, D. P.; VIEIRA, D. A.; ROSA, T. D.; REINERT, D. J. Propriedades físico-hídricas do solo e demanda energética de hastes escarificadora em Argissolo compactado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 315-321, 2010.

PILAU, F. G.; ANGELOCCI, L. R. Área foliar e interceptação de radiação solar pela copa de uma laranjeira. **Bragantia**, v. 74, n. 4, p. 476-482, 2015.

POLIM-AGRI: **Folha técnica**. Disponível em: <<http://polim-agri.com.br/>>. Acesso em: 04 Dez. 2019.

PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; MONTEIRO, F. J. S.; VAZ DE MELO, A.; PIMENTA, R. S. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em várzea irrigada no Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 427-434, 2010.

ORIOLI JÚNIOR, V.; COUTINHO, E. L. M. Effectiveness of fused magnesium potassium phosphate for Marandú grass. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1855-1862, 2009.

ORMOND, A. T. S.; VOLTARELLI, M. A.; PAIXÃO, C. S. S.; GÍRIO, L. A. S.; ZERBATO, C.; SILVA, R. P. Características agrônômicas da soja em semeadura convencional e cruzada. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 4, p. 414-422, 2015.

PROTOCOLO RELARE- **Padronização e difusão de tecnologia de inoculantes microbianos de interesse agrícola**. Protocolo RELARE. 2001. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82266/1/Anais-da-XIII-Reuniao-da-Rede-de-Laboratorios-para-Recomendacao-Padronizacao-e-Difusao-de-Tecnologia-de-Inoculantes-Microbianos-de-Interesse-Agricola-RELARE.pdf>>. Acesso em: 22 Set. 2020.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: **International Plant Nutrition Institute**, 2011. 420 p.

ROSOLEM, C. A. Nutrição mineral e adubação da soja. Piracicaba, **POTAFOS**, 1980. 80 p. (Boletim técnico, 6).

SBCS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482 p.

SCARSI, M. **Desempenho de sementes de soja revestidas com biopolímeros**. 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco-PR, 2015.

SEDIYMA, T.; OLIVEIRA, R. C. T.; SEDIYAMA, H. A. A soja. In: SEDIYAMA, T. (Ed.) **Produtividade da Soja**. Mecenas: Londrina, 2016. p. 11-18.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F. L.; BORÉM, A. **Soja do plantio a colheita**. Viçosa: UFV, 2015. 333 p.

SFREDO, G. J. Soja no Brasil: **calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina: Embrapa Soja, 2008.

SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. Leaf area, solar radiation interception, and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, v. 6, n. 1, p. 575-577, 1965.

SILVA, G. M. C. **O papel dos complexos respiratórios da cadeia transportadora de elétrons na síntese e acúmulo do ácido ascórbico em mitocôndrias de frutos**. 2016. 187 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes-SP, 2016.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.

SILVA, M. D. A.; SANTOS, C. M.; VITORINO, H. S.; RHEIN, A. F. L. Pigmentos fotossintéticos e índice spad como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Boisience Journal**, v. 30, n. 1, p. 173-181, 2014.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W. B. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 3, p. 95-106, 2018.

SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; SOUSA, J. R. L.; MEWS, C. L.; SOUZA, A. M. Incorporação de polímero hidro-retentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 1270-1278, 2013.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre: **Artemed**, 2017. 954 p.

TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; OLIVEIRA, E. P.; CORRÊA, C. C. G.; TORRES, F. E. Acúmulo de massa seca na soja em resposta a aplicação foliar com silício sob condições de déficit hídrico. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 1, p. 161-170, 2015.

TIECHER, T. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. **Catálogo internacional na publicação-UFRGS**, 2016. 186 p.

UMBURANAS, R. C. **Crescimento, desenvolvimento e produtividade de soja em diferentes épocas e densidades de semeadura**. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapava-PR, 2014.

VATANSEVER, R.; OZYIGIT, I. I.; FILIZ, E. Essential and beneficial trace elements in plants, and their transport in roots: a review. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 181, n. 1, p. 464-482, 2017.

WELZ, B.; SPERLING, M. **Atomic Absorption Spectrometry**. 3. ed. 1999.