

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CAMPUS BALSAS  
CURSO DE AGRONOMIA

**LAÍSA COELHO DOS SANTOS LOPES**

**BIORREGULADORES NA MITIGAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA DA  
SOJA**

Balsas

2023

**LAÍSA COELHO DOS SANTOS LOPES**

**BIORREGULADORES NA MITIGAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA DA  
SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Agronomia do Campus Balsas da  
Universidade Estadual do Maranhão, como  
requisito para a obtenção do Título de Bacharel  
em Agronomia.

Orientadora: Profa. D.ra Leandra Matos Barrozo

Balsas

2023

L864d

Lopes, Laísa Coelho dos Santos

Biorreguladores na mitigação do déficit hídrico na cultura da soja. / Laísa Coelho dos Santos Lopes. – Balsas, 2023.

23f.

Monografia (Graduação em Agronomia) Universidade Estadual do Maranhão – UEMA / Balsas, 2023.

Orientadora: Leandra Matos Barrozo

1. Bioestimulante. 2. Déficit Hídrico. 3. *Glycine max* L. Merrill.
- I. Título

CDU: 633.34

**LAÍSA COELHO DOS SANTOS LOPES**

**BIORREGULADORES NA MITIGAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA DA  
SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Agronomia do Campus Balsas da  
Universidade Estadual do Maranhão, como  
requisito para a obtenção do Título de Bacharel  
em Agronomia.

Aprovado em: **18/ 07/ 2023**

**BANCA EXAMINADORA**



---

**Prof<sup>a</sup>. D.ra Leandra Matos Barrozo (Orientadora)**

Doutora em Agronomia (Produção e Tecnologia de Sementes)

Professora da Universidade Estadual do Maranhão



---

**Prof<sup>a</sup>. D.ra Tatiane Scilewski da Costa Zanatta**

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Professora da Universidade Estadual do Maranhão



---

**Prof. D.r Francisco Charles dos Santos Silva**

Doutor em Agronomia (Fitotecnia)

Professor da Universidade Estadual do Maranhão

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me conceder força e iluminar meu caminho.

À minha família: meus pais, Maria Luisa Lopes e Adão Santos e minhas irmãs, Laíla Lopes, Laiane Lopes e Annalu Lopes, por todo amor, apoio e incentivo.

À minha orientadora, Profa. Dra. Leandra Matos Barrozo por toda ajuda, parceria, paciência e ensinamento durante a realização dos trabalhos de iniciação científica e por acreditar no meu potencial.

À Universidade Estadual do Maranhão, Campus Balsas, pelas contribuições na minha formação profissional.

À engenheira agrônoma Juliane Santos pela doação das sementes.

Ao meu namorado Vitor Rafael Brito, pelo companheirismo e apoio de sempre.

Aos parceiros Grasielle Martins, Kayron Rafael Santos e Seu Edason Silva, por toda ajuda prestada.

Aos amigos da graduação, especialmente, a minha panelinha: Cícero Augusto Miranda, Marcela Miranda e Maria Luisane Matos que tornaram essa caminhada mais leve e divertida.

E a turma de Agronomia 2019.1 por todos os momentos compartilhados durante essa jornada.

## RESUMO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) tem a produtividade afetada pelo déficit hídrico e os biorreguladores constituem alternativas para mitigação dos efeitos provocados pelo estresse. Dessa forma, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de doses de Stimulate® no desempenho agrônômico da soja sob condição de déficit hídrico. O experimento foi conduzido em vasos e ambiente protegido por filme agrícola, no município de Balsas (MA). Foi utilizada a cultivar Msoy 8644 IPRO e adotado o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, correspondente a quatro doses do bioestimulante Stimulate® (0; 250; 500; 750 mL ha<sup>-1</sup>) e duas condições hídricas (controle irrigado e déficit hídrico), com 3 repetições e duas plantas por parcela. No estágio V6, as plantas foram submetidas a aplicação foliar de Stimulate® e déficit hídrico. Foram avaliadas as características agrônômicas: área foliar, índice SPAD, altura da planta, diâmetro do caule, número de vagens por planta e número de grãos por vagem. Os dados foram submetidos a análise de variância e quando significativos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% e 1% de significância. O efeito das doses de Stimulate foi analisado via equações de regressão e de todas as variáveis via correlação canônica. Todas as análises foram realizadas através do Software Genes. Na condição de déficit hídrico, a aplicação de Stimulate favoreceu o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja, principalmente, na dose de 500 mL ha<sup>-1</sup>.

Palavras-chave: bioestimulante; déficit hídrico; *Glycine max* L. Merrill.

## ABSTRACT

The productivity of soybean (*Glycine max* L. Merrill) is affected by water deficit and bioregulators are alternatives to mitigate the effects caused by stress. Thus, the objective was to evaluate the effects of foliar application of Stimulate® doses on the agronomic performance of soybeans under water deficit conditions. The experiment was conducted in vases and an environment protected by agricultural film, in the municipality of Balsas (MA). The cultivar Msoy 8644 IPRO was used and the experimental design was randomized blocks, in a 4 x 2 factorial scheme, corresponding to four doses of the biostimulant Stimulate® (0; 250; 500; 750 mL ha<sup>-1</sup>) and two water conditions (irrigated control and water deficit), with 3 replications and two plants per plot. At the V6 stage, the plants were submitted to foliar application of Stimulate® and water deficit. Agronomic characteristics were evaluated: leaf area, SPAD index, plant height, stem diameter, number of pods per plant and number of grains per pod. Data were submitted to analysis of variance and, when significant, means were compared by Tukey's test at 5% and 1% of significance. The effect of Stimulate doses was analyzed via regression equations and of all variables via canonical correlation. All analyzes were performed using the Genes Software. In the condition of water deficit, the application of Stimulate favored the growth and development of the soybean crop, mainly at the dose of 500 mL ha<sup>-1</sup>.

Keywords: biostimulant; water deficit; *Glycine max* L. Merrill.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E MATERIAL VEGETAL .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 VARIÁVEIS ANALISADAS.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....</b>	<b>11</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>19</b>

## BIORREGULADORES NA MITIGAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA DA SOJA

### BIORREGULATORS IN MITIGATION OF WATER DEFICIT IN SOYBEAN CULTURE

**RESUMO:** A soja (*Glycine max* L. Merrill) tem a produtividade afetada pelo déficit hídrico e os biorreguladores constituem alternativas para mitigação dos efeitos provocados pelo estresse. Dessa forma, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de doses de Stimulate® no desempenho agrônômico da soja sob condição de déficit hídrico. O experimento foi conduzido em vasos e ambiente protegido por filme agrícola, no município de Balsas (MA). Foi utilizada a cultivar Msoy 8644 IPRO e adotado o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, correspondente a quatro doses do bioestimulante Stimulate® (0; 250; 500; 750 mL ha<sup>-1</sup>) e duas condições hídricas (controle irrigado e déficit hídrico), com 3 repetições e duas plantas por parcela. No estágio V6, as plantas foram submetidas a aplicação foliar de Stimulate® e déficit hídrico. Foram avaliadas as características agrônômicas: área foliar, índice SPAD, altura da planta, diâmetro do caule, número de vagens por planta e número de grãos por vagem. Os dados foram submetidos a análise de variância e quando significativos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% e 1% de significância. O efeito das doses de Stimulate foi analisado via equações de regressão e de todas as variáveis via correlação canônica. Todas as análises foram realizadas através do Software Genes. Na condição de déficit hídrico, a aplicação de Stimulate favoreceu o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja, principalmente, na dose de 500 mL ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Bioestimulante; Déficit hídrico. *Glycine max* L; Merrill.

**ABSTRACT:** The productivity of soybean (*Glycine max* L. Merrill) is affected by water deficit and bioregulators are alternatives to mitigate the effects caused by stress. Thus, the objective was to evaluate the effects of foliar application of Stimulate® doses on the agronomic performance of soybeans under water deficit conditions. The experiment was conducted in vases and an environment protected by agricultural film, in the municipality of Balsas (MA). The cultivar Msoy 8644 IPRO was used and the experimental design was randomized blocks, in a 4 x 2 factorial scheme, corresponding to four doses of the biostimulant Stimulate® (0; 250; 500; 750 mL ha<sup>-1</sup>) and two water conditions (irrigated control and water deficit), with 3 replications and two plants per plot. At the V6 stage, the plants were submitted to foliar application of Stimulate® and water deficit. Agronomic characteristics were evaluated: leaf area, SPAD index, plant height, stem diameter, number of pods per plant and number of grains per pod. Data were submitted to analysis of variance and, when significant, means were compared by Tukey's test at 5% and 1% of significance. The effect of Stimulate doses was analyzed via regression equations and of all variables via canonical correlation. All analyzes were performed using the Genes Software. In the condition of water deficit, the application of Stimulate favored the growth and development of the soybean crop, mainly at the dose of 500 mL ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Biostimulant; Water deficit; *Glycine max* L. Merrill.

## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma planta de origem asiática pertencente à família Fabaceae que desempenha importante papel na economia brasileira por ser a principal *commodity* agrícola e ter versatilidade no uso do grão (ALVES; BELLETINNI; BELETINNI, 2020). O Brasil é o maior produtor em nível mundial, com produção estimada em 155.736,5 milhões de toneladas e produtividade de 3.537 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2022/23 (CONAB, 2023). Embora apresente alto potencial genético produtivo, o rendimento é altamente influenciado por fatores ambientais, especialmente, pela disponibilidade hídrica (CAVALCANTE et al., 2020).

Nesse aspecto, a ocorrência de veranicos durante a safra da soja, especialmente na Região Nordeste, é a principal causa das reduções no rendimento dos grãos, devido afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas e atrasar a semeadura e colheita (BOSSOLANI et al., 2022). Na safra 2021/22, o baixo volume de chuvas no sul do Maranhão e Piauí causaram prejuízos em algumas áreas produtoras (CONAB, 2022), visto que para obter o máximo potencial produtivo, a demanda hídrica varia de 450 a 850 mm ao longo do ciclo, sendo as fases da germinação, florescimento e enchimento dos grãos os estádios mais críticos (WANG et al., 2022).

Os efeitos do déficit hídrico envolvem a redução da taxa de germinação das sementes, área foliar, atividade fotossintética, provoca o fechamento estomático, comprometimento da translocação de assimilados, resultando na redução da altura, número de vagens e produtividade, além de estar associado ao estresse oxidativo que induz o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) responsáveis pela peroxidação lipídica da membrana celular (SOARES et al., 2019; WANG et al., 2022). Entretanto, as respostas a essa condição variam conforme a espécie, estágio fenológico, intensidade e duração do estresse (SANTOS et al., 2022).

Desse modo, uma das estratégias empregadas para atenuar os efeitos dos estresses abióticos, é a utilização dos biorreguladores, produtos que apresentam na sua composição reguladores vegetais com outras substâncias, como aminoácidos, nutrientes, fitohormônios, algas marinhas, ácidos húmicos e fúlvicos (TORSIAN et al., 2020). Atuam nos processos fisiológicos da planta, promovem eficiência na utilização de nutrientes e mantém o balanço hormonal, o que reflete na maior expressão do potencial genético da cultura (KERCHEV et al.,

2020). São aplicados em pequenas quantidades no sulco de plantio, via tratamento de sementes ou pulverização foliar (SANTOS et al., 2019).

Os bioestimulantes à base de fitohormônios apresentam ação sobre diversos processos fisiológicos, como na modulação de respostas a situações de estresses de natureza biótica ou abiótica (IQBAL et al., 2022). Nesse cenário, o Stimulate<sup>®</sup> é um dos principais bioestimulantes utilizados nas lavouras brasileiras, apresentando em sua composição 0,009% de cinetina (citocinina), 0,005% de ácido giberélico e 0,005% de ácido indobutílico (auxina), hormônios associados a divisão e alongamento celular, pegamento de flores e desenvolvimento das raízes (SANTOS et al., 2020; STOLLER DO BRASIL, 2023).

Pesquisas têm demonstrados efeitos positivos da aplicação de Stimulate<sup>®</sup> em diversas culturas, como maior crescimento e produtividade em cana-de-açúcar (CELESTRINO et al., 2019), maior eficiência na absorção de nutrientes na cultura do capim-marandu e milho (THIEGO et al., 2020) e incremento da produtividade de grãos de soja (BATISTA FILHO et al., 2013). Entretanto, sem levar em consideração as condições de estresses ambientais, formas de aplicação e recomendação da dose, visto que varia conforme o estágio de desenvolvimento da cultura e pode resultar na ausência de efeitos ou fitotoxicidade (FRASCA et al., 2020).

Dessa forma, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de doses de Stimulate<sup>®</sup> no desempenho agrônômico da soja sob condição de déficit hídrico.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E MATERIAL VEGETAL**

O projeto foi realizado em ambiente protegido por filme agrícola, no município de Balsas (MA), situado a 7°32'2.49" de latitude Sul, 4°69'51.17", longitude Oeste e altitude de 320 m. O clima local é classificado como tropical do tipo Aw, com inverno seco e verão chuvoso, conforme a classificação de Köppen e Geiger (1928). A precipitação anual média é de 1201,9 mm e temperatura média anual de 27,1 °C (CORRÊA; CARVALHO; MENDES, 2023).

A cultivar utilizada foi a MSoy 8644 IPRO, com grupo de maturação 8.6, hábito de crescimento determinado, baixa exigência em fertilidade e adaptada ao cultivo na Região Nordeste (CIASEEDS, 2022).

## 2.2 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, correspondente a quatro doses do bioestimulante Stimulate® (0; 250; 500; 750 mL ha<sup>-1</sup>) e duas condições hídricas (controle irrigado e déficit hídrico), com 3 repetições e duas plantas por parcela, totalizando 24 unidades experimentais.

Dessa forma, foram semeadas quatro semente por vasos plásticos de 10 kg de solo, dispostos no arranjo de 0,50 m entre blocos 0,50 m entre parcela. O solo utilizado foi coletado na camada de 0-20 cm na estação experimental da Universidade Estadual do Maranhão, Campus Balsas, e adubado com base na análise química: pH = 5,3; MO = 12,3 g kg<sup>-1</sup>; P = 79,2 mg dm<sup>3</sup>; K = 0,16 cmol dm<sup>3</sup>; Ca = 2,59 cmol dm<sup>3</sup>; Mg = 0,65 cmol dm<sup>3</sup>; Al = 0,00 cmol dm<sup>3</sup>; H+ Al = 1,34 cmol dm<sup>3</sup>; SB = 3,40 cmol dm<sup>3</sup>; CTC = 4,74 cmol dm<sup>3</sup>; V = 71,7 %; m = 0,00 %; S = 2,92 mg dm<sup>3</sup>; Mn = 1,52 mg dm<sup>3</sup>; Cu = 0,22 mg dm<sup>3</sup> e Zn 0,66 mg dm<sup>3</sup>, seguindo a metodologia de Fanqui et al. (2008), para experimentos em vasos. Após a emergência, foi mantida uma plântula por vaso.

Para o estabelecimento das lâminas de irrigação, foi determinada a capacidade de campo com base na capacidade de retenção de água no solo (CRA), realizada conforme descrito por Souza (2000), correspondente a diferença entre peso da amostra úmida após saturação e drenagem e o peso da amostra seca em estufa a 105 °C. A manutenção da irrigação a 90% da capacidade de campo foi realizada por meio da pesagem de vasos adicionais (sem plantas) com auxílio de uma balança e reposição da água perdida por evapotranspiração, até a imposição do déficit hídrico.

Apenas ao atingirem o estágio V6, as plantas foram submetidas a aplicação foliar de quatro diferentes doses de Stimulate®, com auxílio de pulverizador manual com capacidade de 1,5 L e gotas médias. Após um dia foi imposta a condição de déficit hídrico, correspondente a 30% da lâmina de irrigação por 7 dias contínuos.

As avaliações de crescimento foram efetuadas aos 7 e 14 dias após imposição do déficit hídrico e ao final do ciclo da cultura juntamente com os componentes de produção.

## 2.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

Área foliar (AF): obtida por meio da multiplicação das dimensões comprimento e a largura do folíolo pelo fator de correção e valores expressos em cm<sup>2</sup>, conforme a equação proposta por Adami et al. (2008):

$$AF = C \times L \times 0,7104$$

Em que:

AF - Área foliar, em cm<sup>2</sup>.

C - Comprimento da folha (cm).

L - Largura da folha (cm).

0,7104 - Fator de correção.

Índice SPAD: foi determinado mediante leituras do teor relativo de clorofila do terceiro folíolo, do ápice para a base da planta, com clorofilômetro, modelo atLEAF

Altura da planta (AP): medida realizada do solo até o ápice da planta com auxílio de bastão medidor e valores expressos em cm.

Diâmetro do caule (DC): determinado utilizando paquímetro digital, com medições realizadas na altura do primeiro nó da planta e resultados expressos em cm.

Altura de inserção da primeira vagem (AIPV): correspondente a distância da base da planta até primeira vagem do caule, com valores expressos em cm.

Número de vagens por planta (NVP): ao final do experimento foi realizada a contagem do número de vagens totais por planta.

Número de grãos por vagem (NGV): ao final do experimento e secagem natural das vagens foi realizada a contagem direta dos grãos formados.

## 2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando significativos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% e 1% de significância. O efeito das doses de Stimulete foi analisado via equações de regressão e o efeito conjunto de todas as variáveis averiguado via correlação canônica. Todas as análises foram realizadas através do Software Genes.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância (Tabela 1) permitiu verificar que houve efeito significativo das doses de Stimulate para as variáveis área foliar, altura da planta, diâmetro do caule, altura de inserção da primeira vagem e número de vagens por planta. Com relação à variação de disponibilidade hídrica, todas as variáveis com exceção do índice SPAD e diâmetro do caule, apresentaram efeitos significativos. Para a interação entre os fatores doses de

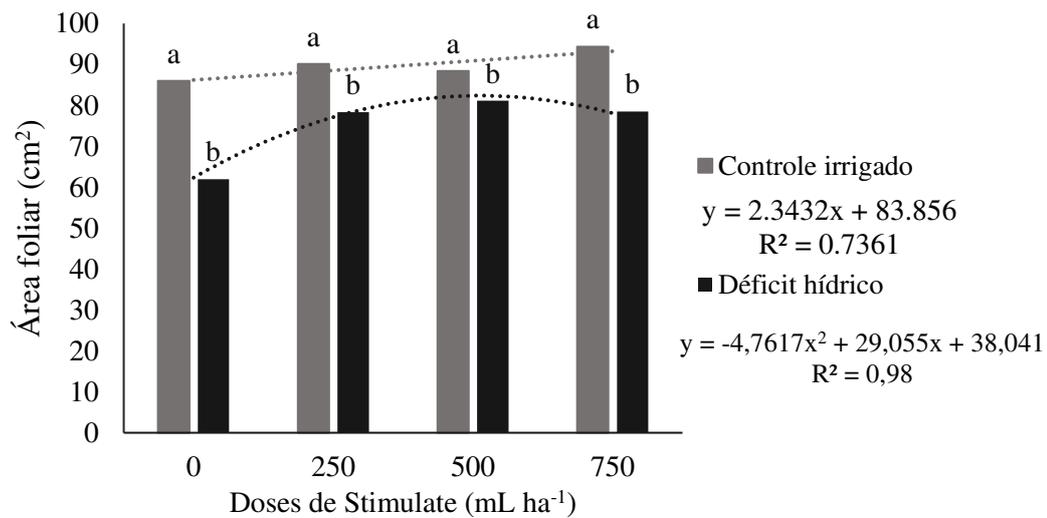
Stimulate e condição hídrica, todas as características agrônômicas das plantas foram significativas, com exceção do número de grãos por vagem. Enquanto, para as características de crescimento a época de avaliação influenciou a área foliar, diâmetro do caule e altura, sendo que sua interação com a condição hídrica teve efeito sobre altura da planta e diâmetro do caule e quando associado a disponibilidade de água e doses de bioestimulante influenciou o índice SPAD.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância das variáveis área foliar (AF), altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), índice SPAD, altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem de plantas de soja submetidas a aplicação foliar de diferentes doses de Stimulate e condições hídricas

FV	Quadrado médio						
	AF (cm <sup>2</sup> )	SPAD	AP (cm)	DC (cm)	AIPV (cm)	NVP	NGV
Bloco	128,754*	0,665	17.834	0,622*	2,258	20,1	0,007
Stimulate (S)	1156,983**	18,530	1929.121**	0,335**	89,687**	877,5*	0,023
Condição hídrica (CH)	2610,307**	0,0018	434.142**	4,462	47,602**	2970,4**	0,326*
Avaliação (A)	6170,547**	3,151	9140,788**	40,374**	-	-	-
S x CH	457,220**	137,345*	273,265**	6,154**	31922**	1327,1**	0,05
S x A	99,79811	77,852	302,838	2,234	-	-	-
CH x A	49,38992	1,801	81,838**	2,137**	-	-	-
S x CH x A	59,957	77,852**	93,043	0,22420	-	-	-
Resíduo	359,092	340,841	475,225	4,411	11,303	1103,9	0,292
Média	82,34	31,63	88,05	5,77	18,05	103,4	2,6
CV (%)	4,2	10,66	4,42	5,37	4,98	8,62	5,56

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; \* e \*\* significativo a 5 % e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de Tukey.

Para a variável área foliar (Figura 1) nas duas condições hídricas, verificou-se que as plantas de soja irrigadas de maneira contínua apresentaram maior expansão dos folíolos que as submetidas ao déficit hídrico, independente da aplicação ou não de bioestimulante. Sob condição irrigada, a área foliar apresentou maior expansão à medida que a dose de Stimulate aumentou. Enquanto na condição de deficiência hídrica, a variável apresentou comportamento quadrático, com maior expressão da área foliar quando submetidas a aplicação de bioestimulante, principalmente, na dose de 500 mL ha<sup>-1</sup> sendo observado decréscimo na dose de 750 mL ha<sup>-1</sup> em relação as outras doses.



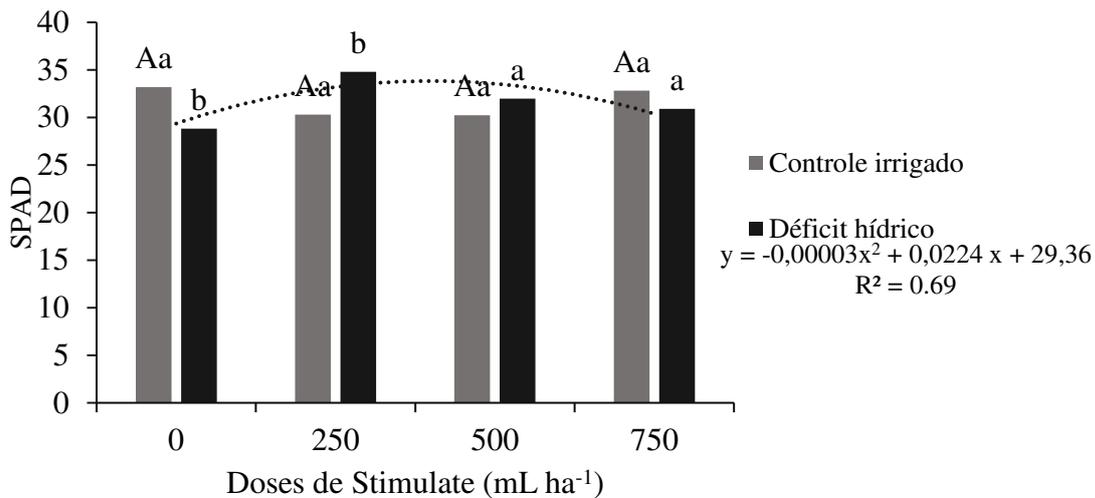
Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre condições hídricas dentro da mesma dose a 5% e 1% pelo teste F.

**Figura 1.** Área foliar (cm<sup>2</sup>) de plantas de soja submetidas a aplicação foliar de diferentes doses de Stimulate e condições hídricas

Em nível morfológico, a redução da área foliar é um dos principais mecanismos para minimizar a perda por transpiração quando a demanda de água é maior que a disponibilidade (JACINTO JUNIOR; LUCENA, 2022). Desse modo, os resultados de maior área foliar das plantas que foram submetidas ao déficit hídrico está associado a composição do produto, visto que o desenvolvimento foliar é regulado pelas auxinas e citocininas, que atuam de maneira integrada na formação da folha e manutenção da região meristemática, respectivamente (HUSSAIN et al., 2021).

Em condições de estresse, a biossíntese de citocinina é afetada, o que reduz a divisão celular e consequentemente a área das folhas assim a aplicação exógena desse hormônio permite que a atividade seja mantida e garante a expansão foliar (WU et al., 2021).

O índice SPAD (Figura 2), em condição de disponibilidade hídrica, não foi influenciado pela aplicação de Stimulate, onde as diferentes doses do produto apresentaram comportamento similar ao da testemunha (ausência de aplicação). A variável apresentou comportamento quadrático em função das diferentes doses de Stimulate quando as plantas foram submetidas a condição de estresse, com maior teor de clorofila observado na dose de 373,33 mL ha<sup>-1</sup>.



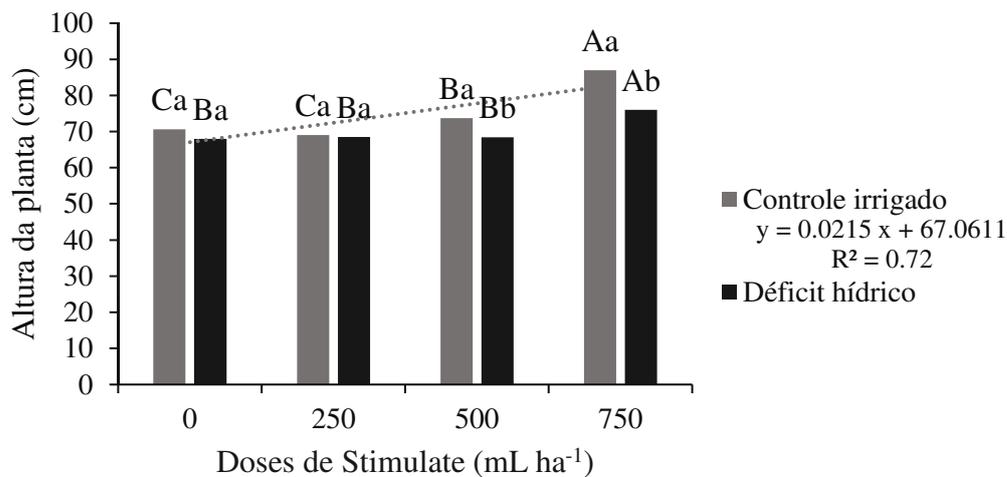
Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre condições hídricas dentro da mesma dose e letras maiúsculas indicam diferenças estatísticas entre doses dentro da mesma condição hídrica, a 5% e 1% pelo teste F.

**Figura 2.** Índice SPAD de plantas de soja submetidas a aplicação foliar de diferentes doses de Stimulate e condições hídricas

O aumento do teor de clorofila com a aplicação de Stimulate na condição de deficiência hídrica pode ser associado a ação do ácido indobúltirico (auxina) na regulação do processo fotossintético e modulação da estrutura dos cloroplastos e devido a citocinina e ácido giberélico inibirem a degradação da clorofila, que garante a atividade fotossintética (ALMEIDA; RODRIGUES, 2016; SANTOS et al., 2019).

Machado e Machado (2020), sem considerar situações de estresse, observaram que a utilização de diferentes dosagens de Stimulate não promoveu efeitos no índice SPAD na cultura da batata. Carmo et al. (2021) observaram que a aplicação de bioestimulantes tem eficiência quando as plântulas estão expostas a situações de estresse abiótico (CARMO et al., 2021).

A altura das plantas (Figura 3) foi maior na condição irrigada à medida que a dose do produto foi aumentada. Sob déficit hídrico, a maior expressão em comprimento da parte aérea foi observada na dose de 750 mL ha<sup>-1</sup>, que diferiu estatisticamente das demais doses e testemunha, que apresentaram resultados inferiores.



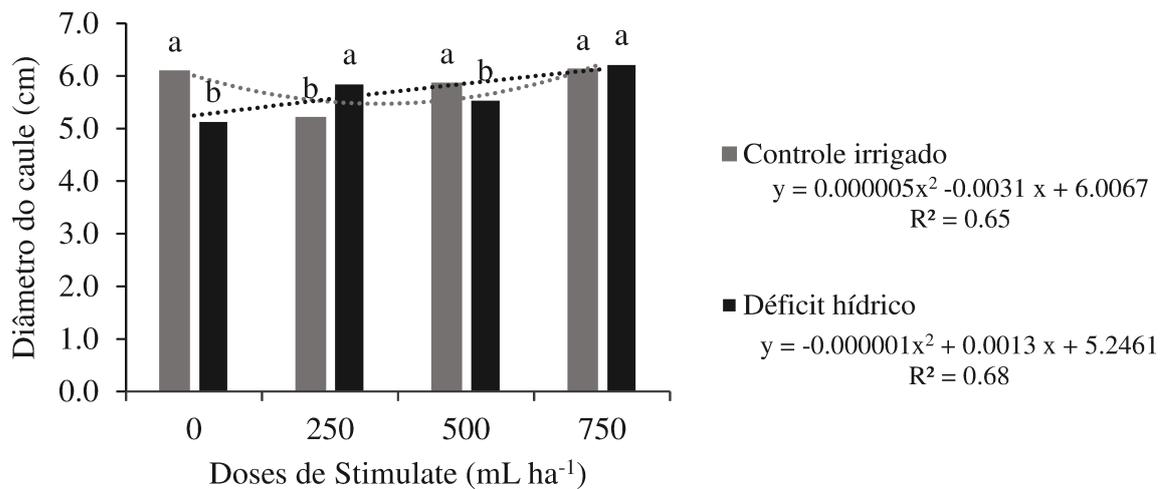
Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre condições hídricas dentro da mesma dose e letras maiúsculas indicam diferenças estatísticas entre doses dentro da mesma condição hídrica, a 5% e 1% pelo teste F.

**Figura 3.** Altura de plantas (cm) de soja submetidas a aplicação foliar de diferentes doses de Stimulate e condições hídricas

O Stimulate é composto por citocinina, giberilina e auxina, hormônios que atuam sinergicamente na divisão e alongamento celular, promovendo o crescimento caulinar (DOURADO NETO et al., 2014). Desse modo, os resultados da pesquisa são similares aos observados por Silveira et al. (2011), em que o aumento da altura das plantas de soja pode ser explicado pela composição do Stimulate, que apresenta três hormônios moduladores de crescimento.

Para cultivos comerciais, a altura ideal de plantas de soja está na faixa de 60 a 110 cm, devido facilitar a colheita e evitar o acamamento (ALVES; BELLETINNI; BELETINNI, 2020). Nesse aspecto, as diferentes doses de bioestimulante não afetaram esse componente, que apresentou médias superiores a 60 cm em ambas as condições hídricas.

Para o diâmetro do caule na condição de controle irrigado (Figura 4), foi observado comportamento quadrático, em que a dose de 310 mL ha<sup>-1</sup> promoveu maior medida. Em condições de deficiência hídrica, o aumento da dose de Stimulante promoveu aumento do diâmetro do caule das plantas, assim indicando que houve diferenças estatísticas.

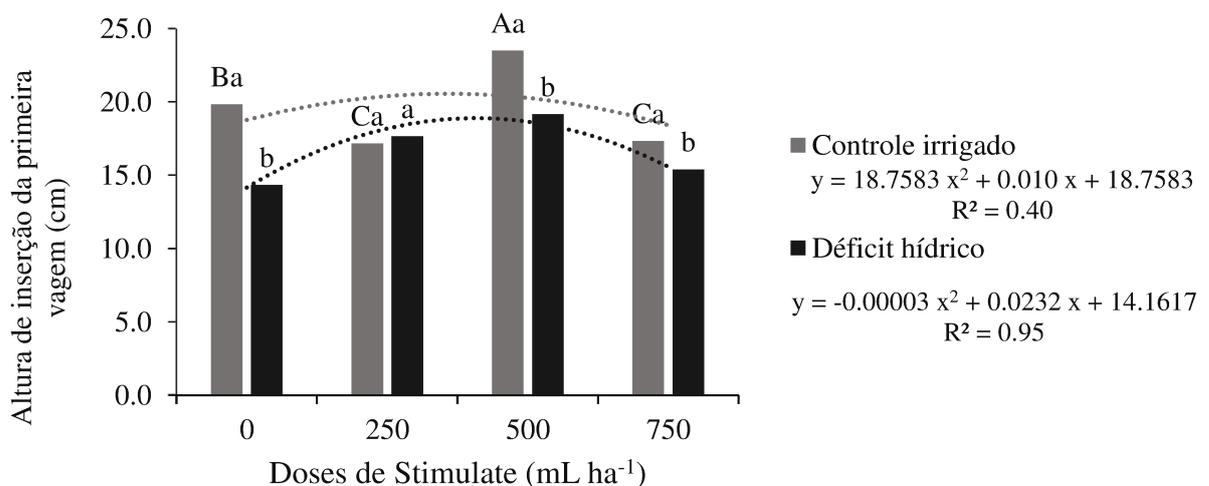


Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre condições hídricas dentro da mesma dose e letras maiúsculas indicam diferenças estatísticas entre doses dentro da mesma condição hídrica, a 5% e 1% pelo teste F.

**Figura 4.** Diâmetro do caule (cm) de soja submetidas a aplicação foliar de diferentes doses de Stimulate e condições hídricas

Para Gonçalves et al. (2018,) a aplicação exógena de Stimulate promoveu aumento do diâmetro do caule de mudas de maracujazeiro, nas doses de 30 e 60 mL L<sup>-1</sup>.

A variável altura de inserção da primeira vagem (Figura 5) apresentou maior magnitude em condição irrigada. Para a interação condição hídrica e doses de Stimulate, apresentou comportamento quadrático na condição de disponibilidade e deficiência hídrica, com expressão máxima na dose de 383,33 mL ha<sup>-1</sup>.

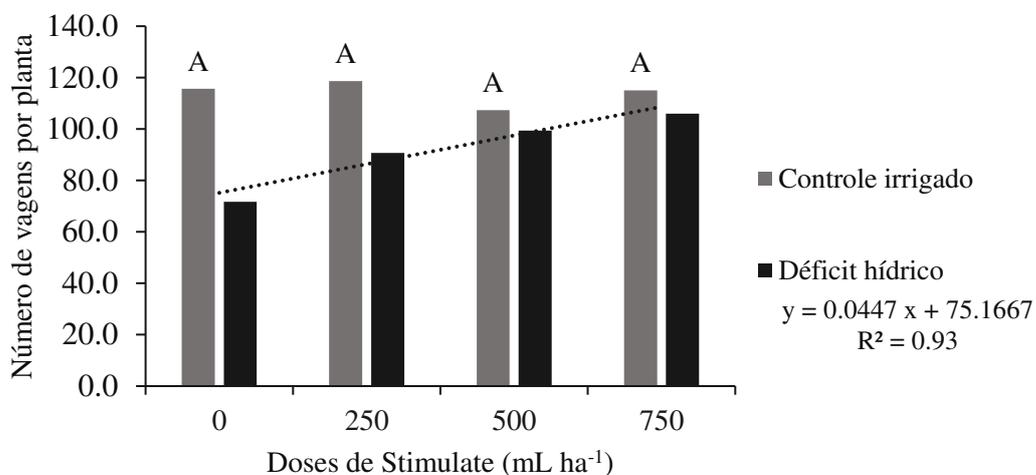


Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre condições hídricas dentro da mesma dose e letras maiúsculas indicam diferenças estatísticas entre doses dentro da mesma condição hídrica, a 5% e 1% pelo teste F.

**Figura 5.** Altura de inserção da primeira vagem (AIPV) em plantas de soja submetidas a aplicação foliar de diferentes doses de Stimulate e condições hídricas

Esse componente além de ser determinado pelas características genéticas do genótipo é influenciado pela aplicação de reguladores de crescimento e proporcional à altura da planta (CASSEL et al., 2021).

Em condições normais de disponibilidade hídrica, a aplicação de bioestimulante não teve efeito para a variável NVP (Figura 6). Entretanto, na situação de déficit hídrico a aplicação de Stimulate promoveu incremento do NVP em função do aumento da dose do produto, com maior produção de vagens observadas na dose de 750 mL ha<sup>-1</sup>.



Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre condições hídricas dentro da mesma dose e letras maiúsculas indicam diferenças estatísticas entre doses dentro da mesma condição hídrica, a 5% e 1% pelo teste F.

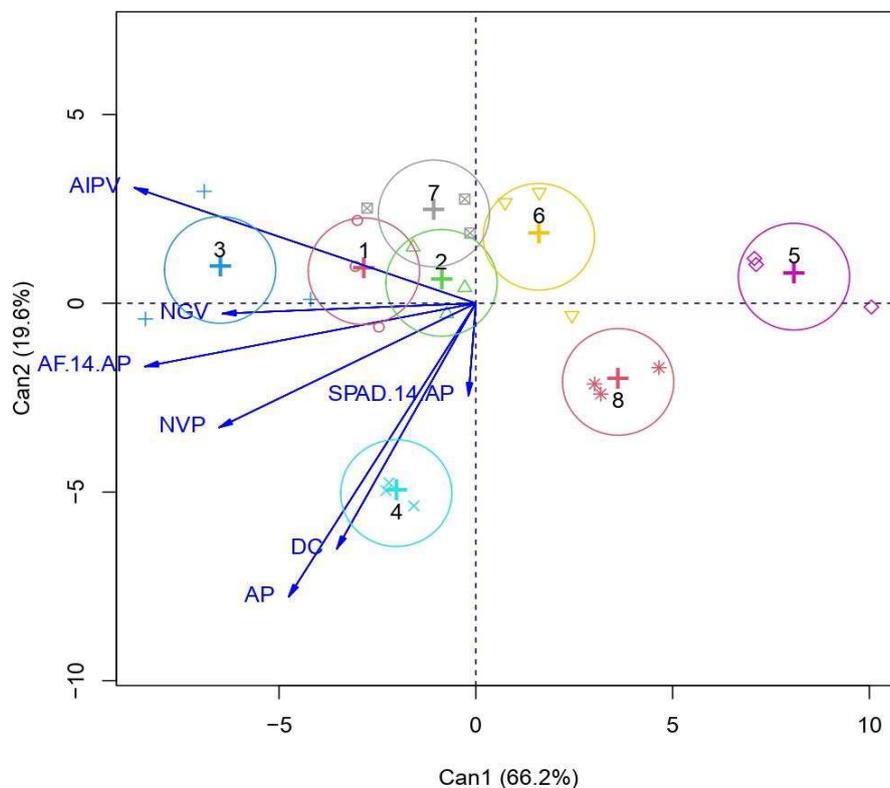
**Figura 6.** Número de vagens por planta sob a aplicação foliar de diferentes doses de Stimulate e condições hídricas

As flores e vagens são formadas nas axilas dos ramos laterais da planta, sendo essa taxa determinada pelo balanço hormonal de auxina e citocinina, que atuam na dominância apical e indução floral, respectivamente. Desse modo, maiores concentrações de citocinina reduzem a dominância apical e promovem o crescimento da gema axilar e diferenciação dos primórdios florais (GUERRA et al., 2022).

Barbosa et al. (2023) observaram para cultura da soja na condição de déficit hídrico a campo, que o aumento da concentração do produto à base de cinetina + ácido giberélico+ ácido indobutílico, promoveu maior número de vagens por planta. Bertolin et. (2010) observaram que a aplicação foliar de Stimulate promoveu incremento de cerca de 26% no número de vagens de soja.

Na análise de correlação canônica (Figura 7), os eixos canônicos 1 e 2 explicam 85,8% das variações nas características agrônômicas da soja nas condições impostas. As variações da área foliar e índice SPAD são explicadas, principalmente, pelo tratamento 2 (dose 250 mL ha<sup>-1</sup> + controle irrigado). Os resultados das variáveis altura de plantas e diâmetro do caule são atribuídos ao tratamento 4, onde a disponibilidade de água associada a dose de 750 mL ha<sup>-1</sup> de Stimulante (4) promoveu maiores médias. A variação na altura de inserção da primeira vagem é explicada pelos tratamentos 1, 2 e 3. O número de vagens por planta apresentou melhores resultados no tratamento 3 (água + 500 mL ha<sup>-1</sup>). O número de grãos por vagem foi influenciado pela condição de controle irrigado e 500 mL ha<sup>-1</sup> (1). Os tratamentos 5, 6, 7 e 8 estão associados as diferentes doses na condição de déficit hídrico, o que explica as disposição dos vetores associados aos outros tratamentos.

**Figura 7.** Análise de variáveis canônica composta por diferentes tratamentos (dose de Stimulate x condição hídrica) e variáveis altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagens (NGV) de plantas de soja submetidas a aplicação foliar de diferentes doses de Stimulate e condições hídricas



1: dose 0 + controle irrigado; 2: dose 250 mL ha<sup>-1</sup> + controle irrigado; 3: dose 500 mL ha<sup>-1</sup> + controle irrigado; 4: dose 750 mL ha<sup>-1</sup> + controle irrigado; 5: dose 0 + déficit hídrico; 6: dose 250 mL ha<sup>-1</sup> + déficit hídrico; 7: dose 500 mL ha<sup>-1</sup> + déficit hídrico; 8: dose 750 mL ha<sup>-1</sup> + déficit hídrico.

## 4 CONCLUSÃO

Na condição de déficit hídrico, a aplicação de Stimulate favoreceu o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja, principalmente, na dose de 500 mL ha<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS

- ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAR, D. L.; FARIA, R. T. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 1053-1058, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000400030>.
- ALMEIDA, G. M.; RODRIGUES, J. G. L. Desenvolvimento de plantas através da interferência de auxinas, citocininas, etileno e giberelinas. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v. 9, n. 3, p.111-117, 2016. DOI: 10.5935/PAeT.V9.N3.13.
- ALVES, G. H. T.; BELLETINNI, S.; BELLETINNI, N. M. T. Diferentes níveis de desfolha artificial nos componentes de produção da soja. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 64799-64815, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n9-060.
- BARBOSA, A. S.; PELÚZIO, J. M.; FIDELIS, R. R.; FERREIRA JÚNIOR, O. J.; SANTOS, W. F. Efeitos de reguladores vegetais nas características agronômicas de soja cultivada em baixa latitude. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 16, n. 1, p. 1-19, 2023. DOI: 10.17765/2176-9168.2023v16n1e9862.
- BATISTA FILHO, C. G.; MARCO, K.; DALLACORT, R.; SANTI, A.; INOUE, M. H.; SILVA, E. S. Efeito do Stimulate® nas características agronômicas da soja. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 4, p. 76-86, 2013.
- BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; ARF, O.; FURLANI JUNIOR, E.; COLOMBO, A. S.; CARVALHO, F. L. B. M. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulante. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000200011>.
- BOSSOLANI, J. W.; MENEGHETTE, H. H. A.; SANCHES, I. R.; SANTOS, F. L.; PARRA, L. F.; LAZARINI, E. Sowing date changes phenological development, plastochron index, and grain yield of soybeans under Cerrado conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 26, n. 7, p. 488-494, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n7p488-494>.
- CAVALCANTE, W. S. S.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R. NASCIMENTO, P. E. R.; CORRÊA, F. R. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2020v25n4p754-763>.
- CARMO, M. A. P.; CARVALHO, M. L. M.; SANTOS, H. O.; ROCHA, D. K.; OLIVEIRA, J. A. SOUZA, V. F. Bioestimulantes aplicados em sementes e plantas de milho doces sob

condições de estresse abiótico. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 31727-31741, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n3-747.

CASSIEL, J. L.; ROTHER, G. M.; PIMENTA, B. D.; SANTOS, D. B. Ação da auxina sobre plantas de soja. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 4, n. 3, p. 4628-4643, 2021. DOI: 10.34188/bjaerv4n3-142.

CELESTRINO, R. B.; ALMEIDA, J. A.; ALMEIDA, L. A.; OLIVEIRA, V. A. B.; VIEIRA, S. C. Indutores hormonais no desenvolvimento radicular e perfilhamento da cana-de-açúcar. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 12, n. 1, p. 107-112, 2019. DOI: 10.5935/PAeT.V12.N1.11.

CIASEEDS. **Sementes de soja geneticamente modificadas com alta tecnologia**. Disponível em: <https://www.ciaseeds.com/cultivares-de-soja/m8644-ipro>. Acesso em: 22 de abr. de 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, DF, v. 1, n. 1, 2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Décimo levantamento, safra 2021/22**. Brasília, DF, v. 9, n. 10, 2022.

CORRÊA, W. C.; CARVALHO, M. W. L.; MENDES, T. J. Atualização da classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 32, p. 519-543. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16727>.

DOURADO NETO, D.; DARIO, J. A.; BARBIERI, A. P.; MARTIN, T. N. Ação de bioestimulante no desempenho agrônômico de milho e feijão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1. p. 371-379, 2014. DOI: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18110>.

FAQUIN, V.; VALE, F. R.; FURTINI NETO, A. E. **Cultivo de plantas em ambiente controlado: solução nutritiva, hidroponia e em vasos com solo**. Lavras: UFLA, 2008. 177p.

FRASCA, L. L. M.; NASCENTE, A. S.; LANNA, A. C.; CARVALHO, M. C. S.; COSTA, G. G. Bioestimulantes no crescimento vegetal e desempenho agrônômico do feijão-comum de ciclo superprecoce. **Revista Agrarian**, Dourados, v.13, n.47, p.27-41, 2020. DOI: 10.30612/agrarian.v13i47.8571.

GUERRA, A. M. N. M.; FERREIRA, L. A.; SANTOS, P. A.; SANTOS, E. B.; EVANGELISTA, R. S. Ação de bioestimulantes sobre a produção de biomassa e óleo essencial de manjeriço. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara**, Minas Gerais, v. 4, n. 3, p. 1-12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.46636/recital.v4i3.314>.

HUSSAIN, S.; NANDA, S.; ZHANG, J.; REHMANI, M. I. A.; SULEMAN, M.; LI, G.; HOU, H. Auxinand cytokinin interplayduring leaf morphogenesisand phyllotaxy. **Plants**, v. 10, n.8, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10081732>.

IQBAL, S.; WANG, X.; MUBEEN, I.; KAMRAN, M.; KANWAL, I.; DÍAZ, G. A.; ABBAS, A.; PARVEEN, A.; ATIQ, M. N.; ALSHAYA, H.; EL-ABEDIN, Z.; FAHAD, S.

Phytohormones Trigger Drought Tolerance in Crop Plants: Outlook and Fut. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 1-14, 2022. DOI: 10.3389/fpls.2021.799318.

JAINTO JUNIOR, S. G.; LUCENA, E. M. P. Alterações morfofisiológicas e metabólitos secundários produzidos por feijoeiros submetidos ao estresse hídrico: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, Vagem Grande Paulista, v. 11, n. 14, p. 1-16, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i14.36506>.

KERCHEV, P.; MEER, T. V. D.; SUJEETH, N.; VERLEE, A.; STEVENS, C. V.; BREUSEGEM, F. V.; GECHEV, T. Molecular priming as an approach to induce tolerance against abiotic and oxidative stresses in crop plants. **Biotechnology Advances**, v. 40, p. 1-9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.107503>.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

MACHADO, M. M.; MACHADO, V. J. Utilização de bioestimulante e cálcio no cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Perquirere**, v. 17, n. 2, p. 33-40, 2020. DOI: <https://revistas.unipam.edu.br/index.php/perquirere>.

SANTOS, R. K. A.; CAIRO, P. A. R.; BARBOSA, R. P.; LACERDA, J. J.; MAFRA NETO, C. S.; MACEDO, T. H. J. Physiological responses of Eucalyptus urophylla young plants treated with biostimulant under water deficit. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1072-1081, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509826206>.

SANTOS, T. B.; RIBAS, A. F.; SOUZA, S. G. H.; BUDZINSKI, I. G. F.; DOMINGUES, D. S. Physiological responses to drought, salinity, and heat stress in plants: a review. **Stresses**, v. 2, n. 1, p. 113 –135, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/stresses2010009>.

SOARES, M. M.; FREITAS, C. D. M.; OLIVEIRA, F. S.; MESQUITA, H. C.; SILVA, T. S.; SILVA, D. V. Efeitos da competição e do déficit hídrico sobre o crescimento de girassol e plantas daninhas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 2, p. 318-328, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n204rc>.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 338-342, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662000000300006>.

STOLLER DO BRASIL LTDA. **Bula Stimulate®**. 2023. Disponível em: [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/agrofit.ap\\_download\\_blob\\_agrofit?p\\_id\\_file=455310&p\\_nm\\_file=F1796543020/STIMULATE.pdf](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/agrofit.ap_download_blob_agrofit?p_id_file=455310&p_nm_file=F1796543020/STIMULATE.pdf).

THIENGO, C. C.; SANTANA, P. H. L.; BURAK, D. L.; OLIVEIRA, D. M.; GUIDINELLE, R. B. Resposta docapim-marandu e milheto em rejeito de mineração à aplicação de bioestimulantes vegetais. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 31, p. 465-478, 2020. TORSIAN, W. S.; KIKUTI, A. L. P.; KIKUTI, H.; PEREIRA, C. E. Bioestimulantes no desenvolvimento da cana-de-açúcar. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 31, p. 625 -634, 2020.

WANG, X.; WU, Z.; ZHOU, Q.; WANG, X.; SONG, S.; DONG, S. Physiological Response of Soybean Plants to Water Deficit. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, n. 809692, p. 1-12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.809692>.

WU, W.; DU, K.; KANG, X.; WEI, H. The diverse roles of cytokinins in regulating leaf development. **Horticulture Research**, v. 8, n. 118, p. 1-13, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00558-3>.