

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
CURSO DE AGRONOMIA

HAROLDO BERNARDO DE GEUS NETO

IMPACTO DE BIOESTIMULANTES ASSOCIADO A STATUS DE ÁGUA NO SOLO
SOBRE AS RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS E COMPONENTES DE RENDIMENTO
DA SOJA

PONTA GROSSA
2025

HAROLDO BERNARDO DE GEUS NETO

IMPACTO DE BIOESTIMULANTES ASSOCIADO A STATUS DE ÁGUA NO SOLO
SOBRE AS RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS E COMPONENTES DE RENDIMENTO
DA SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo na
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Área de
Engenharias, Ciências Agrárias e de Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. André Belmont Pereira

PONTA GROSSA
2025



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
COLEGIADO DO CURSO DE AGRONOMIA
COORDENAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

OTCC - Ano 2025

AVALIAÇÃO DE TCC
RELATÓRIO DA BANCA EXAMINADORA

Título da Monografia: Impacto de biostimulantes associado a status de água no solo sobre as respostas ecofisiológicas e componentes de rendimento da soja

Autor(a): Marcelo B. de Gusmão Neto

Data da defesa: 21/05/2025 Horário: 15:00 Local: F-14

Avaliadores:

1-Orientador(a): André Belmont Pereira Assinatura: [Assinatura]

2-Avaliador(a): Erick Leonardo dos Santos Assinatura: [Assinatura]

3-Avaliador(a): João Raulindo Gardingio Assinatura: [Assinatura]

Itens a serem avaliados	Notas atribuídas		
	Orientador(a)	1º Avaliador(a)	2º Avaliador(a)
I- Apresentação oral (Até 2,0)	2,0	2,0	1,9
II- Trabalho escrito (Até 6,0)	6,0	5,9	5,7
III- Arguição (Até 2,0)	2,0	2,0	1,8
TOTAL	10,0	9,9	9,4
MÉDIA FINAL *	9,8 + 10% EAT i		

* Orientador(a) nota final com uma casa após a vírgula

NOTA FINAL: DEZ.

Atenção Professor(a) ORIENTADOR(A):

No caso de apresentação de trabalho, em evento técnico-científico, no qual o acadêmico conste como autor, poderá ser acrescentado ATÉ 10% da nota, na somatória final. Apresentar comprovante junto com os documentos entregues para a Coordenação de TCC.

FORMULÁRIO 4
OTCC
AGRONOMIA

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre abençoar minha vida, me guiar e me direcionar em toda a minha trajetória.

Aos meus pais, Renato Haroldo de Geus e Laryssa Maria Mendes de Geus, por sempre me apoiarem e me fortalecerem durante toda minha vida.

A minha noiva, Larissa Lillo Del Pozo Malinski, por estar comigo em todos os momentos.

Aos meus irmãos, Henrique Luis de Geus e Heitor Eduardo de Geus, por me alegrarem todos os dias.

Ao Prof. Dr. André Belmont Pereira, pela amizade, pelas conversas, pela oportunidade de desenvolver o trabalho e por todos os ensinamentos que me forneceu durante todo o processo.

Aos meus colegas de curso, pela amizade e por tornarem os cinco anos de graduação muito mais tranquilos.

Ao Eng. Agrônomo. MSc. João Victor de Mattos, pela amizade, pelo seu tempo, por todo apoio fornecido durante o desenvolvimento do trabalho e por todos os ensinamentos que me forneceu.

Ao Eng. Agrônomo. Dr. Rafael Domingues, por todo apoio fornecido durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao acadêmico Makissuel Correia Borgo, por todo apoio fornecido durante o trabalho e pelo companheirismo.

A banca examinadora, Prof. Dr. José Raulindo Gardingo e Eng. Agrônomo MSc. Éricles Leonardo dos Santos, por aceitarem o convite para participar da banca.

RESUMO

DE GEUS NETO, H. B. **IMPACTO DE BIOESTIMULANTES ASSOCIADO A STATUS DE ÁGUA NO SOLO SOBRE AS RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS E COMPONENTES DE RENDIMENTO DA SOJA.** Orientador: Prof. Dr. André Belmont Pereira. Ponta Grossa, 2025. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2025.

Atualmente, a cultura da soja possui notável destaque mundial devido a sua grande diversidade de uso e ao aumento da demanda global por alimentos. O potencial produtivo da soja é extremamente condicionado pelas condições atmosféricas locais e pelo suprimento hídrico do solo. Buscar novas tecnologias visando aumentar a produção de alimentos de forma sustentável é uma demanda crescente e atual, e neste contexto, os bioestimulantes são uma alternativa interessante. O objetivo do presente estudo foi avaliar o impacto da aplicação de bioestimulantes e a influência de diferentes níveis de água no solo sobre o desempenho agrônômico da soja, determinado pela expressão dos componentes de rendimento e das respostas ecofisiológicas da cultura sob ambiente protegido. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições, totalizando 64 unidades experimentais. Foram avaliados os efeitos dos tratamentos umidade do solo (fator 1) em quatro níveis (60%, 80%, 100% e 120% da ETm) e bioestimulantes (fator 2) em quatro níveis (Controle, Bioestimulante Padrão, Bioestimulante Fórmula 1 e Bioestimulante Fórmula 2) sobre as variáveis-resposta altura de plantas, número de ramos laterais, número de nós na haste principal, número de nós nas hastes laterais, número de nós totais, massa de mil grãos, número de grãos por planta, rendimento de grãos por hectare, número de vagens, teor de clorofila A, teor de clorofila B, teor de clorofila total e relação entre teor de clorofila A e teor de clorofila B das plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO conduzidas na cidade de Ponta Grossa, no Paraná. Plantas de soja cultivadas sob condição hídrica ideal, ou seja, 100% da ETm, apresentaram os maiores valores observados para as variáveis-resposta altura de plantas, número de nós nas hastes laterais, número de nós totais, rendimento de grãos por hectare e número de vagens. Plantas de soja cultivadas sob condições de déficit hídrico, ou seja, 60% e 80% da ETm, não apresentaram maior resiliência ou melhor crescimento quando associadas aos bioestimulantes.

Palavras-chave: Soja. *Glycine max* (L). Água. Bioestimulantes.

LISTA DE ABREVIATURAS

Al ³⁺	Alumínio (acidez trocável)
ANE	<i>Ascophyllum nodosum</i>
ANE+CoMoNi+A.A	<i>Ascophyllum nodosum</i> + Cobalto + Molibdênio + Níquel + Aminoácidos
BS PADRÃO	Bioestimulante Padrão
BS FÓRMULA 1	Bioestimulante Fórmula 1
BS FÓRMULA 2	Bioestimulante Fórmula 2
C	Carbono
Ca ²⁺	Cálcio
CaCl ₂	Cloreto de cálcio
Clor A	Teor de clorofila A
Clor B	Teor de clorofila B
Clor Total	Teor de clorofila total
cm	Centímetro
cmol _c dm ⁻³	Centi-mol de carga por decímetro cúbico
Co	Cobalto
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CTC	Capacidade de troca catiônica do solo
CTC (pH 7,0)	Capacidade de troca catiônica do solo em pH 7,0
CTR	Controle
C.V.	Coeficiente de variação
DEA	Demanda evaporativa da atmosfera
EBIC	The European Biostimulants Industry Council
ECA	Evaporação lida no tanque classe A
EME	<i>Ecklonia maxima</i>
EME+CoMoNi	<i>Ecklonia máxima</i> + Cobalto + Molibdênio + Níquel
EME+CoMoNi+A.A	<i>Ecklonia máxima</i> + Cobalto + Molibdênio + Níquel + Aminoácidos
EROs	Espécies reativas de oxigênio
ETm	Evapotranspiração máxima da cultura
ETo	Evapotranspiração de referência
FESCON	Fazenda Escola Capão da Onça
g	Grama
g dm ⁻³	Grama por decímetro cúbico

g kg^{-1}	Grama por quilograma
G.L.	Graus de liberdade
H+Al	Acidez potencial
Ha	Hipótese alternativa
Ho	Hipótese de nulidade
K, K^+	Potássio
Kc	Coeficiente da cultura
kg	Quilograma
kg ha^{-1}	Quilograma por hectare
kg L^{-1}	Quilograma por litro
Kp	Coeficiente do tanque classe A
L	Litro
L ha^{-1}	Litros por hectare
m	Metro
m	Saturação por alumínio
mm	Milímetro
Mg^{2+}	Magnésio
mg dm^{-3}	Miligramma por decímetro cúbico
mg kg^{-1}	Miligramma por quilograma
mL	Mililitro
MMG	Massa de mil grãos
MO	Matéria orgânica
Mo	Molibdênio
NGP	Número de grãos por planta
Ni	Níquel
NPK	Formulação nitrogênio, fósforo e potássio
NRL	Número de ramos laterais
NNHP	Número de nós na haste principal
NNHL	Número de nós nas hastes laterais
NNT	Número de nós totais
NVP	Número de vagens por planta
ns	Não significativo
P	Fósforo
p/p	Peso por peso

PR	Paraná
pH (CaCl ₂)	pH do solo em solução de Cloreto de cálcio
R1	Primeiro estágio reprodutivo
R2	Segundo estágio reprodutivo
R5	Quinto estágio reprodutivo
R8	Oitavo estágio reprodutivo
Rel Clor A/Clor B	Relação entre teor de clorofila A e teor de clorofila B
RS	Rio Grande do Sul
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
USDA	United States Department of Agriculture
V	Saturação por bases
V1	Primeiro estágio vegetativo
V2	Segundo estágio vegetativo
YH	Rendimento de grãos por hectare

LISTA DE SÍMBOLOS

°	Graus
° C	Graus célsius
'	Minutos
''	Segundos
%	Por cento
*	Significativo a 5%
**	Significativo a 1%

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 HIPÓTESES	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 A CULTURA DA SOJA	15
3.1.1 Centro de origem e expansão da soja no Brasil	15
3.1.2 Aspectos botânicos e morfológicos da soja	15
3.1.3 Importância socioeconômica da soja	16
3.2 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS	16
3.2.1 Importância da água no cultivo da soja	17
3.3 DEMANDA EVAPORATIVA DA ATMOSFERA	18
3.4 IMPORTÂNCIA DE NOVAS ALTERNATIVAS NO MANEJO DA SOJA	19
3.5 BIOESTIMULANTES	20
3.5.1 Bioestimulantes à base de extrato de algas	21
3.5.2 Uso de bioestimulantes na cultura da soja	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL, CLIMA E SOLO	23
4.2 MANEJO DA IRRIGAÇÃO	24
4.3 CONDUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO CULTIVO DA SOJA	25
4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	26
4.5 AVALIAÇÕES REALIZADAS NO EXPERIMENTO	27
4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS APLICADAS AOS DADOS EXPERIMENTAIS	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 SUPRIMENTO DE ÁGUA NO SOLO	29
5.2 PARÂMETROS BIOMÉTRICOS E COMPONENTES DE RENDIMENTO	30
5.2.1 Altura de plantas	30
5.2.2 Número de ramos laterais (NRL), número de nós na haste principal (NNHP), número de nós nas hastes laterais (NNHL) e número de nós totais (NNT)	32
5.2.3 Massa de mil grãos (MMG), número de grãos por planta (NGP) e rendimento de grãos por hectare (YH)	34
5.2.4 Número de vagens por planta (NVP)	37
5.3 RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS	38
5.3.1 Teores de clorofila A, clorofila B, clorofila total e relação total entre teor de clorofila A e clorofila B nos estádios fenológicos V2 e R1	38
6 CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS	46

ANEXO A – RESUMO DE TRABALHO APRESENTADO NO ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO (EAITI) 2023.....	53
ANEXO B – CERTIFICADO DE TRABALHO APRESENTADO NO ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO (EAITI) 2023.....	54

1 INTRODUÇÃO

A soja é a principal commodity agrícola do Brasil, desempenhando um papel crucial na produção de grãos e nas exportações (Klahod, 2005). Na safra de 2024/25, o país semeou aproximadamente 47,5 milhões de hectares de soja. O estado do Mato Grosso destaca-se como o maior produtor, contribuindo com cerca de 26,7% da área cultivada e 28,3% da produção total de soja no Brasil. O Paraná semeou cerca de 5,8 milhões de hectares e produziu cerca de 21,7 milhões de toneladas dessa oleaginosa na safra de 2024/25 (CONAB, 2025).

O fator com maior impacto na produtividade agrícola é a disponibilidade de água. A produtividade de plantas em ambientes com restrição hídrica é influenciada por características das plantas que ajudam a manter o equilíbrio hídrico durante períodos de secagem do solo (Fioreze *et al.*, 2011).

A quantidade de água utilizada em sistemas de produção irrigados visando a maior lucratividade depende da demanda hídrica e do manejo da cultura (Silva *et al.*, 2012). O gerenciamento de água empregado em sistemas de produção agrícola exige o conhecimento das reais necessidades hídricas das espécies vegetais cultivadas em dada localidade climática (Santiago *et al.*, 2016).

Atualmente, algumas culturas agrícolas, como a soja, já alcançaram elevados níveis tecnológicos, resultando em altas produtividades, superando limitações nutricionais e hídricas (Bertolin *et al.*, 2010). Têm-se também a preocupação de que o cultivo da soja seja sustentável, isto é, que atue comprometido com a conservação da biodiversidade, preservação dos recursos naturais e melhores condições de trabalho (Costa; Cândido; Macedo, 2016).

Ademais, uma produção de soja sustentável estaria vinculada ao conceito de atender às demandas atuais por meio de práticas que não prejudiquem a capacidade das futuras gerações de suprirem suas próprias necessidades, utilizando métodos que contribuam para diminuir a dependência excessiva de produtos químicos (Liszbinski; Brizolla; Patias, 2021). Neste contexto, observamos a utilidade dos bioestimulantes, uma alternativa que oferece benefícios tanto em termos de rendimento biológico quanto de economia (Bertolin *et al.*, 2010).

Pode-se definir bioestimulantes como combinações de dois ou mais reguladores vegetais com outras substâncias, como aminoácidos, nutrientes, vitaminas, extratos vegetais, fitormônios e outros compostos. Eles representam uma ótima alternativa para diminuir os efeitos fisiológicos negativos que o estresse hídrico causa nas plantas (Cavalcante *et al.*, 2020).

Os bioestimulantes vegetais podem ser ferramentas importantes e inovadoras capazes de auxiliar as plantas a terem maior resiliência sob situações de estresse ambiental, bem como para otimizar o uso de nutrientes em campos de produção (EBIC, 2021).

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação pertencente ao bloco de Agronomia, da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, no município de Ponta Grossa – PR, objetivando um maior entendimento sobre as práticas de produção da soja, seus componentes de rendimento e respostas ecofisiológicas sob a influência de status de água no solo e o uso de bioestimulantes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente estudo foi avaliar o impacto da aplicação de bioestimulantes sob à influência de diferentes níveis de água no solo sobre o desempenho agrônômico da soja, determinado pela expressão dos componentes de rendimento e das respostas ecofisiológicas da cultura sob ambiente protegido.

2.2 HIPÓTESES

Plantas de soja cultivadas sob condição hídrica ideal apresentam melhor crescimento e desenvolvimento?

A utilização de bioestimulantes auxilia plantas de soja a terem maior resiliência e melhor crescimento e desenvolvimento sob situações de estresse hídrico?

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A CULTURA DA SOJA

3.1.1 Centro de origem e expansão da soja no Brasil

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill, uma planta milenar originária da Ásia, é considerada nativa das regiões central e ocidental da China. Relatos históricos sugerem que ela foi parte fundamental da alimentação do povo chinês há mais de 5.000 anos (Black, 2000). A cultura da soja foi introduzida no Brasil a partir de sementes trazidas dos Estados Unidos, e desde então, experimentou um crescimento significativo tanto em área cultivada quanto em produção no país (Klahold, 2005).

Em território brasileiro, a soja foi introduzida na Bahia em 1882 e, dez anos depois, chegou a São Paulo. No Rio Grande do Sul, a primeira aparição da cultura ocorreu em 1900, enquanto que no Cerrado brasileiro, a soja só foi introduzida na década de 1980 (Alambert, 2010). O elevado preço da soja no mercado mundial em meados de 1970 foi o principal fator que impulsionou o rápido crescimento do cultivo dessa cultura na região Sul (Felici, 2017).

Na estado do Rio Grande do Sul, os produtores enfrentavam dificuldades para expandir suas áreas de cultivo de soja devido ao alto custo da terra. Diante dessa situação, muitos optaram por vender suas propriedades e adquirir terras maiores no estado do Paraná, no Paraguai e na região do Cerrado brasileiro, onde o preço da terra era mais acessível e havia maior disponibilidade de uso da terra (Dall'agnol, 2016).

3.1.2 Aspectos botânicos e morfológicos da soja

Cultivada no Brasil e em outros países, a soja é classificada no reino *Plantae*, na divisão *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsida*, ordem *Fabales*, e pertence à família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*. O gênero da planta é *Glycine*, e sua espécie é *Glycine max* (L.) Merrill (Felici, 2017). É uma planta de ciclo anual, com altura variando de 0,3 a 1,3 metros. O tempo necessário para o desenvolvimento completo da soja depende da cultivar, podendo ser de 70 dias para as variedades mais precoces e de 200 dias para as cultivares mais tardias, dependendo das condições de cultivo (Sediyama; Silva; Borém, 2015).

As plantas de soja apresentam duas folhas cotiledonares, duas folhas unifoliadas e folhas trifoliadas, flores completas e fruto do tipo vagem, que possui de uma a cinco sementes

que podem ser de coloração cinza clara, cinza escura, marrom clara, marrom média e marrom escura e de formato achatado, arredondado e reto ou curvado (Felici, 2017).

O hábito de crescimento da soja é uma característica que diferencia as cultivares em três tipos: determinado, semideterminado e indeterminado. No tipo determinado, as plantas têm inflorescências racemosas tanto terminais quanto axilares e interrompem seu crescimento vegetativo após a floração. No tipo semideterminado, as plantas também possuem inflorescências racemosas terminais e axilares e, ao florescerem, já estão próximas da altura final. Já no tipo indeterminado, a gema vegetativa continua ativa após a floração, permitindo o desenvolvimento de novos nós e o alongamento do caule (Nogueira *et al.*, 2009).

3.1.3 Importância socioeconômica da soja

Atualmente, a cultura da soja possui grande destaque mundial devido a sua grande diversidade de uso e ao aumento da demanda global por alimentos (Costa, 2013). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025), o Brasil é responsável pela produção de 166 milhões de toneladas de soja, o que representa 39% da produção mundial da oleaginosa (USDA, 2025). No Brasil, o principal estado produtor da cultura da soja é o Mato Grosso, que produziu cerca de 47,1 milhões de toneladas na safra de 2024/2025. O Paraná, na safra de 2024/2025, produziu aproximadamente 21,7 milhões de toneladas, equivalente a 13% da produção total brasileira (CONAB, 2025).

Existem alguns fatores que possibilitam a soja ser uma das culturas mais importantes do mundo, como seu elevado teor de proteína, cerca de 40%, e de óleo, cerca de 20%, e também seu grande rendimento de grãos, o que viabiliza sua utilização na alimentação animal e humana, produção de biocombustíveis e outras finalidades (Sediyama; Teixeira; Barros, 2009).

O desenvolvimento, crescimento e rendimento de uma determinada cultivar de soja são resultados da interação entre o potencial genético da planta e o ambiente em que ela está inserida (Marques; Simonetti; Rosa, 2014). Presentemente, devido aos avanços no melhoramento genético, há diversas cultivares de soja adaptadas às diferentes regiões do Brasil (Seixas *et al.*, 2020).

3.2 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS

A disponibilidade de água é o fator ambiental que mais determina a distribuição das plantas ao redor do mundo, levando em conta que o conteúdo celular de água é superior a 90%

na maioria dos tecidos vegetais de plantas herbáceas (Pimentel, 2004). Os processos fisiológicos que ocorrem durante o desenvolvimento das plantas estão estreitamente ligados à quantidade de água disponível para as plantas (Carvalho; Oliveira, 2012). A quantificação do consumo de água pelas culturas agrícolas é extremamente relevante para variadas aplicações na agricultura, incluindo estudos de zoneamento agrícola, monitoramento agroclimático, manejo eficiente da irrigação e drenagem, além de análises hidrológicas em geral (Flumignan; Faria, 2009).

Além de ser o meio onde se processam várias reações bioquímicas, a água é um elemento fundamental em diversos processos essenciais realizados pelas plantas, como crescimento vegetal e transporte de substâncias. Ademais, a água também apresenta funções relacionadas com a capacidade de dissolver substâncias, atividade importante na absorção de nutrientes (Costa, 2001).

O estresse hídrico, ou déficit hídrico, ocorre quando a água disponível no solo não atende à demanda das plantas, reduzindo a absorção de água e nutrientes pelas raízes. Isso acaba resultando em impactos negativos no desenvolvimento das plantas. Todas as plantas dependem da água para germinar, crescer e produzir de forma adequada (Campos; Santos; Nacarath, 2021).

Situações de falta de água provocam adaptações fisiológicas e morfológicas nas plantas, como o fechamento parcial ou total dos estômatos, diminuindo assim a fotossíntese e impactando negativamente o crescimento e a produtividade das culturas (Pereira; Angelocci; Sentelhas, 2002). Entretanto, o excesso de água no solo reduz consideravelmente a oxigenação dos solos, diminuindo a atividade funcional das raízes, e, conseqüentemente, a absorção de água e nutrientes (Sentelhas; Monteiro, 2009).

As plantas respondem de várias maneiras à falta de água, e algumas dessas respostas podem ser prejudiciais, como o desajuste metabólico, que aumenta a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), potencialmente levando à morte da planta (Pimentel, 2004). Por outro lado, existem respostas benéficas, como o aumento na produção de compostos antioxidantes, como ácido ascórbico e carotenos, que ajudam a planta a se adaptar às condições de estresse hídrico (Yordanov; Velikova; Tsonev, 2000).

3.2.1 Importância da água no cultivo da soja

Um dos elementos mais importantes para o desenvolvimento, crescimento e rendimento da cultura da soja é a água, seja por sua distribuição irregular durante todo o ciclo,

ou por sua variação anual total (Thomas; Costa, 1994). As fases de germinação, emergência, floração e enchimento de grãos expressam os períodos mais críticos em relação à demanda das plantas de soja por água (Rodrigues *et al.*, 2017).

As alterações anuais da produtividade de soja na região sul do Brasil são consequências das variações no regime pluviométrico, sendo que muitas dessas variações são fortemente influenciadas pela ocorrência de anomalias climáticas, como El Niño e La Niña (Peiter; Buske; Robaina, 2013). A duração do ciclo da cultura e o momento da semeadura podem comprometer significativamente o uso consumptivo de água das plantas e, assim, determinar o tipo e o nível da produtividade vegetal (Vivan, 2010).

Atualmente, mesmo com o alto nível de tecnologia utilizado nas lavouras de soja em todo o Brasil, a escassez de água durante o ciclo da soja é o principal obstáculo para alcançar o potencial máximo de produtividade, especialmente na região sul (Seixas *et al.*, 2020). As plantas de soja apresentam tolerância relativa ao déficit hídrico durante a fase vegetativa, entretanto, se mostram extremamente sensíveis ao estresse hídrico na fase em que os componentes de rendimento são definidos, ou seja, florescimento e enchimento de grãos (Sentelhas *et al.*, 2015).

Uma compreensão adequada de como o déficit hídrico afeta o desenvolvimento das culturas é muito importante para assegurar a expressão da potencialidade produtiva de cultivares mais resistentes à seca (Fioreze *et al.*, 2011). O déficit hídrico prejudica a expansão celular em plantas de soja, diminuindo consideravelmente a área foliar, além de acelerar a senescência e provocar a queda de folhas mais velhas e reduzir a translocação de fotoassimilados pelas plantas (Thomas; Costa, 1994).

Avaliando a qualidade de grãos de soja em Eldorado do Sul - RS, onde foram testadas duas cultivares, semeadas em diferentes espaçamentos e sob diferentes regimes hídricos, irrigado e não irrigado, Maehler *et al.* (2003) observaram maiores produtividades em plantas de soja irrigadas. Além disso, os autores verificaram que a irrigação favoreceu o aproveitamento de nitrogênio a partir dos nódulos e aumentou o período de enchimento de grãos.

3.3 DEMANDA EVAPORATIVA DA ATMOSFERA

A capacidade da atmosfera de remover água da superfície do solo vegetado por intermédio dos processos de evaporação e transpiração vegetal é denominada de demanda evaporativa da atmosfera (DEA). Esta variável ambiental desempenha um papel fundamental na manutenção do ciclo hidrológico e para a determinação das necessidades de água e nutrientes

das plantas, que são fortemente influenciadas pelas condições climáticas específicas de uma determinada localidade (Giongo, 2011). A demanda evaporativa da atmosfera é condicionada pelo regime vigente dos elementos meteorológicos locais, tais como radiação solar, velocidade dos ventos, umidade atmosférica e temperatura (Radin *et al.*, 2003).

A evaporação é o processo em que a água passa do estado líquido para o estado gasoso, sendo removida de superfícies evaporativas como oceanos, lagos, rios, pavimentos, solos e vegetação úmida (Allan *et al.*, 1998). A transpiração é o processo pelo qual a água, sob forma de vapor, é liberada pelas plantas para a atmosfera, passando por pequenos poros nas folhas ou através de pequenas perdas pelas lenticelas (Pereira; Pires, 2011). A evapotranspiração, por sua vez, pode ser entendida como a combinação dos processos de evaporação e transpiração que ocorrem simultaneamente de forma natural em uma superfície vegetada (Pereira; Angelocci; Sentelhas, 2002).

Quanto maior for a disponibilidade de energia solar, a temperatura do ar e a velocidade do vento e menor for a umidade relativa do ar, maior será a demanda evaporativa da atmosfera, culminando em elevação na taxa de evapotranspiração, desde que a umidade do solo não seja limitante (Tagliaferre *et al.*, 2015). Quanto maior for a umidade relativa do ar, menor será a demanda evaporativa da atmosfera, e, portanto, menor será a evapotranspiração (Pereira; Angelocci; Sentelhas, 2002).

Sob condições em que a demanda evaporativa da atmosfera é muito alta, as plantas elevam suas taxas de transpiração estomatal, necessitando de um maior fluxo de água no solo para atender às exigências hídricas da espécie em estudo. No entanto, mesmo que o conteúdo de água no solo esteja próximo da ou na capacidade de campo, se a demanda evaporativa for muito elevada, as plantas podem apresentar incremento significativo na resistência estomática, comprometendo assim a tomada de água e a absorção de nutrientes minerais que garantirão a expressão da produtividade agrícola em dada localidade climática (Ray *et al.*, 2002).

3.4 IMPORTÂNCIA DE NOVAS ALTERNATIVAS NO MANEJO DA SOJA

O aumento da produtividade da soja por área cultivada apresenta um desafio considerável para os pesquisadores (Costa, 2013). Dentro da agricultura brasileira, algumas culturas, como a soja, já alcançaram níveis satisfatórios de produtividade devido ao grau de conhecimento do potencial genético das cultivares introduzidas nas diferentes localidades do globo terrestre selecionadas por melhoristas vegetais nas últimas décadas. Neste contexto,

busca-se encontrar novas estratégias de manejo cultural que possam contribuir para o aumento da produção de culturas agrícolas (Araújo *et al.*, 2021).

A sustentabilidade na agricultura tem se tornado uma questão de crescente preocupação global, ganhando relevância à medida que o tema é cada vez mais debatido em diversos eventos ao redor do mundo (Meyer *et al.*, 2022). Atualmente, o uso de tecnologias ambientalmente corretas que favoreçam maior sustentabilidade na produção de soja se tornam cada vez mais importantes e indispensáveis (Lima, 2004).

O uso do controle biológico no manejo integrado de pragas e doenças, por exemplo, tem registrado um crescimento anual de 10% a 20% no desempenho fitotécnico da soja em todo o mundo, impulsionado principalmente pela demanda dos consumidores por produtos mais seguros e com menor dependência de agrotóxicos sintéticos (Van Lenteren *et al.*, 2017). Na área da nutrição mineral e crescimento de plantas, observa-se grande incremento na eficiência de uso de alternativas biológicas em campos de produção. Não há dúvida de que, entre as variadas estratégias de manejo agrícola, a utilização de bioinsumos é uma das mais sustentáveis, especialmente para grandes commodities como a soja (Meyer *et al.*, 2022).

3.5 BIOESTIMULANTES

A crescente necessidade de desenvolver bioestimulantes e fertilizantes mais eficazes tem impulsionado as empresas a empregarem alta tecnologia para criar produtos que ofereçam maior eficiência e preços mais acessíveis (Marques; Simonetti; Rosa, 2014). A utilização de bioestimulantes se coloca como uma alternativa promissora no manejo de culturas, gerando a necessidade de uma compreensão mais aprofundada sobre como esses compostos atuam nas plantas (Santos *et al.*, 2014).

Pode-se definir os bioestimulantes como uma combinação de dois ou mais reguladores vegetais acompanhada de concentrações elevadas de nutrientes (Araújo *et al.*, 2021). Durante o crescimento das plantas, eles podem estimular o desenvolvimento vegetal ao promover maior diferenciação, alongamento e divisão celular. Isso leva a uma melhor absorção de água e nutrientes, condicionando melhores respostas agrícolas, e, consequentemente, elevando a produtividade vegetal e melhorando a qualidade do produto comercializável (Silva *et al.*, 2008).

Os bioestimulantes são uma alternativa eficaz para reduzir os efeitos desfavoráveis consequentes do estresse hídrico nas plantas, contribuindo para a manutenção dos processos fisiológicos essenciais (Aroca, 2012). A aplicação de bioestimulantes, tanto antes quanto durante períodos de estresse, pode resultar na redução dos impactos negativos das condições

climáticas adversas (Cavalcante *et al.*, 2020). O emprego de bioestimulantes via sementes pode resultar em plântulas mais vigorosas, apresentando maior comprimento, maior massa seca e uma porcentagem superior de emergência, conforme aumenta a dosagem do produto (Santos; Vieira, 2005).

3.5.1 Bioestimulantes à base de extrato de algas

As algas são seres que podem se desenvolver em qualquer ambiente que ofereça luz e umidade suficientes, independentemente de serem temporários ou permanentes. Por isso, elas são encontradas tanto em águas doces quanto no mar, sobre solos úmidos e até mesmo na neve. Esses organismos absorvem todos os nutrientes necessários diretamente do ambiente em que estão inseridos, o que faz deles organismos essencialmente aquáticos (Vidotti; Rollemberg, 2004).

O uso de algas como fertilizantes na agricultura é uma prática realizada a séculos, especialmente em regiões costeiras do hemisfério Norte. A partir dos anos 1950, o extrato de algas começou a ser comercializado para aprimorar a nutrição das plantas e estimular respostas mais eficazes a condições de estresse (Norrie, 2008). Os vegetais podem obter os nutrientes necessários a partir de várias fontes, sendo uma delas as algas. Estas têm um papel importante na indústria de fertilizantes, pois apresentam uma espessa camada de mucilagem. Algumas algas contribuem para reduzir a compactação do solo e facilitam a agregação de solos arenosos, o que favorece o desenvolvimento das plantas (Marques; Simonetti; Rosa, 2014).

Com o objetivo de aprimorar o desempenho biológico das culturas agrícolas, a aplicação de extratos de algas tem aumentado significativamente (Silva, 2021). Esses extratos são utilizados na agricultura por sua função bioestimulante, caracterizada por produtos que, devido à sua composição específica, concentração e proporção de componentes, têm a capacidade de melhorar o desenvolvimento das plantas e aumentar sua produtividade (Castro; Vieira, 2001).

3.5.2 Uso de bioestimulantes na cultura da soja

Os pesquisadores desempenham papel fundamental no sentido de gerar informações sobre a ação de bioestimulantes no crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade da soja e disponibiliza-las para os agricultores e à comunidade científica (Klahold, 2005). A aplicação de bioestimulantes vegetais na agricultura vem se destacando como uma prática

eficaz, culminando em melhorias na produtividade de diversas culturas, inclusive da soja (Ávila *et al.*, 2008).

Em trabalho proposto com o intuito de verificar o desenvolvimento de plantas de soja em função de bioestimulantes sob condições de adubação fosfatada, conduzido em condições de campo na Estação Experimental de Pesquisa da Universidade Estadual do Tocantins, Santos *et al.* (2014) relataram que os bioestimulantes proporcionaram incrementos na massa seca da folha, massa seca do caule, massa seca da vagem e área foliar, tanto em aplicações via semente quanto via foliar.

Ao analisar os efeitos de bioestimulantes no enraizamento e na produtividade da soja em um experimento realizado à campo em San Alberto, Paraguai, Hermes, Nunes e Nunes (2015) notaram que o uso de bioestimulantes promoveu um impacto positivo no crescimento da parte aérea e na produtividade comercial da soja. Entretanto, não houve influência significativa no comprimento das raízes, no número de vagens por planta, na quantidade de sementes por planta e na massa de 1000 sementes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL, CLIMA E SOLO

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao bloco do curso de Agronomia da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), no município de Ponta Grossa - PR. O experimento foi instalado e conduzido com a cultura da soja. As coordenadas geográficas da localidade estudada são 25° 5' 40'' de latitude sul e 50° 9' 48'' de longitude oeste, apresentando altitude média de 956 m.

O município de Ponta Grossa, de acordo com a classificação climática de Köppen e Geiger (Lima, 2023), apresenta clima do tipo Cfb. As temperaturas médias do mês mais frio ficam abaixo de 18° C, os verões são amenos, as temperaturas médias no mês mais quente não ultrapassam 22° C e não há estação seca definida. A precipitação anual média varia entre 1400 e 1600 mm.

A casa de vegetação onde o trabalho foi conduzido, da marca Van der Hoeven, é composta por uma estrutura de aço galvanizado, coberta com filme plástico, com características de arcos em sua cobertura. Suas dimensões são de 18 m x 12,5 m, e ela está equipada com quatro ventiladores de exaustão e uma caixa d'água.

O solo utilizado para o cultivo da soja durante o experimento apresenta textura areno-argilosa e é classificado como Latossolo. Esse material foi coletado em área comercial da Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON), pertencente à UEPG, na camada 0-20 cm de profundidade. Posteriormente, realizou-se os processos de homogeneização, secagem e peneiramento do solo, visando garantir a qualidade e a uniformidade do solo.

Análises químicas e granulométricas do solo, na camada de 0-20 cm de profundidade, realizadas antes da instalação do experimento, revelaram os seguintes resultados:

Tabela 1 - Atributos químicos e granulométricos do solo. Ponta Grossa – PR, 2023.

pH (CaCl ₂)	H+Al		Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC (pH 7,0)
----- cmol _c dm ⁻³ -----							
5,21	3,83		0,0	4,83	2,56	0,35	11,57
P	C	MO	Areia	Silte	Argila	V	m
mg dm ⁻³	----- g dm ⁻³ -----		----- g kg ⁻¹ -----			----- % -----	
45,52	21,72	37,35	640,0	80,0	280,0	66,91	0,0

CTC (pH 7,0) = capacidade de troca de cátions potencial; P = fósforo extraído com Melich-1); C = carbono (Walkley-Black); MO = matéria orgânica; V e m = saturação por bases e por alumínio, respectivamente.
Fonte: O autor

4.2 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

A capacidade de campo, que em ambiente protegido é denominada de capacidade de vaso (Casaroli; Lier, 2008), foi definida através do método padrão. Conhecendo o peso inicial do solo seco, obtido por intermédio de balança de precisão, adicionou-se água até que todos os seus poros fossem preenchidos, ou seja, ele se encontrasse saturado. Após a saturação, a cada 12 horas, o solo contendo água foi pesado, e quando o peso do conjunto estabilizou, considerou-se que o solo havia atingido a capacidade máxima de retenção de água após a drenagem da água gravitacional. A diferença entre os valores de peso inicial do solo e peso do solo estabilizado representava a quantidade de água necessária para que o solo alcançasse a capacidade de vaso.

Os tratamentos de água no solo foram estabelecidos a partir da determinação da evapotranspiração máxima (ET_m) da cultura, expressa pela perda de água das plantas de soja, ocasionada pela demanda evaporativa da atmosfera, em condições ótimas de disponibilidade hídrica. A determinação da ET_m pode ser realizada por meio de gravimetria e medidas evaporimétricas (baseadas na evaporação lida no tanque classe A – ECA). Para as medidas realizadas por gravimetria, dois vasos foram instalados para que o solo permanecesse constantemente próximo da ou na capacidade de vaso. A variação de peso média destes vasos, medida a cada dois dias, por intermédio de uma balança de precisão, representava o valor de ET_m. Desta maneira, frações de ET_m (60%, 80%, 100% e 120%) foram adotadas como tratamentos com vistas a avaliação do impacto de diferentes tratamentos de água associados com bioestimulantes sobre as variáveis-resposta da cultura, representadas pelos componentes de rendimento e respostas ecofisiológicas da soja.

A partir das medidas evaporimétricas efetuadas no tanque classe A por meio de um parafuso micrométrico, foi possível calcular a evapotranspiração de referência (ET_o). Essa variável reflete a demanda evaporativa da atmosfera no ambiente agrícola estudado, influenciando diretamente a captação de água e a absorção de nutrientes minerais pelas raízes das plantas. Definiu-se os valores de ET_o multiplicando a ECA pelo coeficiente do tanque classe A (K_p). Para as medidas de ECA, o K_p é de 0,72 para ambiente protegido (Pereira; Angelocci; Sentelhas, 2002). O coeficiente de cultura (K_c) foi determinado através da razão entre ET_m e ET_o.

A irrigação foi realizada manualmente com o auxílio de uma mangueira e de uma balança digital, buscando atingir os diferentes níveis de água desejados no solo. Para facilitar o

fluxo da água gravitacional no solo, os vasos foram preenchidos com uma camada composta por 1 kg de pedra brita, 800 g de areia e uma manta geotêxtil posicionada logo abaixo do solo.

4.3 CONDUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO CULTIVO DA SOJA

Para o experimento com a cultura da soja, foram utilizados 66 vasos de 12 L. O genótipo escolhido para a realização do ensaio foi o Brasmax Zeus IPRO (Brasmax, 2018). Em cada vaso, foram cultivadas duas plantas, nas quais foram avaliados os impactos do uso de bioestimulantes associados com diferentes níveis de água no solo sobre os componentes de rendimento e as respostas ecofisiológicas do genótipo de soja estudado.

A adubação foi realizada previamente a instalação do experimento de forma incorporada ao solo, perfazendo 150 mg kg⁻¹ de P e 200 mg kg⁻¹ de K, nas formulações 04-37-00 e 00-00-60 de NPK, respectivamente, para cada vaso. A soja foi semeada manualmente em 05/01/2023, colocando-se seis sementes por vaso. Após a emissão do primeiro trifólio, realizou-se o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso, prática necessária para promover maior adequação de espaço pelas plantas, visando reduzir a competição intraespecífica durante o desenvolvimento da cultura.

No ato da semeadura, as sementes de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium* sp. estirpes 5079 e 5080 na dose recomendada por bula de 70 mL de inoculante para 100 kg de sementes. Além disso, as sementes foram tratadas com o produto Standak Top na dose recomendada por bula de 2 mL para cada kg de semente, buscando prevenir o ataque de pragas e doenças.

Durante o desenvolvimento das plantas de soja, foi realizado controle químico para evitar a infestação de pragas e doenças. As pulverizações foram realizadas via pulverizador costal de 5 L. No dia 01/02/2023, aplicou-se o fungicida Sphere Max na dosagem de 0,4 L ha⁻¹ e o inseticida Pirate, utilizando 1 L ha⁻¹. No estágio fenológico R2, efetuou-se uma nova aplicação, utilizando desta vez o fungicida Spot, na dose de 1 L ha⁻¹, e o fungicida Vessarya, na dosagem de 0,6 L ha⁻¹. Quando as plantas de soja atingiram o estágio de desenvolvimento R5, realizou-se novamente uma aplicação de Vessarya, empregando a mesma dose utilizada anteriormente. Todas as pulverizações foram efetuadas contando com o adjuvante Fluiflex, na dose de 0,1 L ha⁻¹. O controle de plantas daninhas foi exercido manualmente ao longo do ciclo da cultura.

A colheita foi realizada em 05/05/2023, 120 dias após a semeadura, logo depois de a cultura da soja alcançar a maturidade fisiológica. As plantas foram cortadas próximas ao solo para dar início às avaliações planejadas.

4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental adotado no trabalho foi o de blocos casualizados, com tratamentos distribuídos em arranjo fatorial 4 x 4 e quatro repetições, totalizando 64 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de água no solo (60%, 80%, 100% e 120% da ET_m) e quatro níveis de bioestimulantes (Controle, Bioestimulante Padrão, Bioestimulante Fórmula 1 e Bioestimulante Fórmula 2), os quais foram aplicados sobre a cultivar de soja Brasmax Zeus IPRO.

O tratamento Controle não apresentava bioestimulante em sua composição. O Bioestimulante Padrão era formulado com extratos de *Ecklonia maxima*, além dos micronutrientes cobalto, molibdênio e níquel. O Bioestimulante Fórmula 1 incluía extratos de *Ascophyllum nodosum*, os micronutrientes cobalto, molibdênio e níquel e aminoácidos. Já o Bioestimulante Fórmula 2 possuía em sua composição extratos de *Ecklonia maxima*, os micronutrientes cobalto, molibdênio e níquel e aminoácidos.

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos bioestimulantes. Ponta Grossa – 2023.

#	Bioestimulante	ρ (kg/L)	Extrato de alga	p/p (%)	Nutriente	p/p (%)	Aminoácido
Tratamento 1	CONTROLE		-	-	-	-	-
Tratamento 2	BS PADRÃO	1,25	<i>Ecklonia maxima</i> (EME)	33	Cobalto Molibdênio Níquel	1.0 11.0 0.42	Confidencial
Tratamento 3	BS FÓRMULA 1	1,25	<i>Ascophyllum nodosum</i> (ANE)	33	Cobalto Molibdênio Níquel	1.0 11.0 0.42	Confidencial
Tratamento 4	BS FÓRMULA 2	1,25	<i>Ecklonia maxima</i> (EME)	33	Cobalto Molibdênio Níquel	1.0 11.0 0.42	Confidencial

Fonte: O autor

Os tratamentos de bioestimulantes foram aplicados durante a semeadura via tratamento de sementes, com doses recomendadas pelo fabricante. Os tratamentos de níveis de água no solo foram aplicados dois dias após a semeadura. Inicialmente, todos os vasos receberam a mesma lâmina de irrigação para que o solo se encontrasse próximo da ou na capacidade de vaso. Após

este processo, a irrigação foi efetuada com base em medições realizadas a cada dois dias do peso de cada vaso, utilizando uma balança de precisão, e no valor de ET_m da cultura neste mesmo intervalo.

4.5 AVALIAÇÕES REALIZADAS NO EXPERIMENTO

No âmbito desta pesquisa, conduziu-se diversas avaliações para explorar as flutuações dos componentes de rendimento da cultura da soja em resposta ao uso de bioestimulantes associados ao nível hídrico do solo, como: número de vagens por planta, número de grãos por planta, massa de mil grãos e rendimento de grãos por hectare.

O número de vagens por planta e número de grãos por planta foram determinados através de contagem manual. Para determinar a massa de mil grãos, foi utilizada uma balança de precisão. Primeiramente, verificou-se a massa de grãos por planta. Posteriormente, determinou-se a umidade dos grãos, e, a partir da umidade obtida, corrigiu-se a massa de grãos para 13% de umidade. Por fim, foi possível calcular a massa de mil grãos com os dados obtidos anteriormente seguindo as Regras para análise de sementes (2009). Com vistas à determinação do rendimento de grãos por hectare, colheu-se manualmente e pesou-se por meio de uma balança de precisão os grãos de cada planta. Seguidamente, determinou-se a umidade dos grãos. O rendimento de grãos por planta foi corrigido para 13% de umidade em peso. Para determinar o rendimento de grãos por hectare, utilizou-se regra de 3.

Durante e no final do ciclo de desenvolvimento das plantas de soja, foram avaliados os seguintes parâmetros biométricos da cultura em ambiente protegido: altura de planta, número total de nós por planta, número de nós na haste principal, número de nós nas hastes laterais e número de ramos laterais.

A altura de planta foi determinada com auxílio de uma fita métrica nos estádios fenológicos V1, V2, R1 e R8. Os fatores número total de nós por planta, número de nós na haste principal, número de nós nas hastes laterais e o número de ramos laterais foram obtidos por intermédio de contagem manual.

As respostas ecofisiológicas da soja analisadas foram: teor de clorofila A, teor de clorofila B, teor de clorofila total e relação entre teor de clorofila A e clorofila B. As avaliações foram realizadas no folíolo central do trifólio mais novo totalmente expandido nos estádios fenológicos V2 e R1. Para a obtenção dos parâmetros citados anteriormente, utilizou-se um clorofilômetro da marca Falker.

4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS APLICADAS AOS DADOS EXPERIMENTAIS

Para verificar a homoscedasticidade das variâncias, foi aplicado o teste de Hatley. Para testar a veracidade dos dados experimentais coletados ao longo da estação de crescimento da soja, realizou-se à análise de variância com aplicação do teste F. Nos casos em que o valor de F calculado foi menor que o valor de F tabelado, aceitou-se a hipótese de nulidade (H_0) e rejeitou-se a hipótese alternativa (H_a). Entretanto, nas situações em que o valor de F calculado foi superior ao valor de F tabelado ($P < 0,05$), aceitou-se a hipótese alternativa, verificando assim a existência de efeito dos tratamentos sobre as variáveis-resposta avaliadas no experimento. Havendo, portanto, efeito dos tratamentos, se deu continuidade a análise estatística mediante a aplicação do teste Tukey ($P < 0,05$), que nada mais é que um teste para a comparação de contrastes entre médias, quando o nível do fator estudado era qualitativo, e de regressão, quando o nível do fator estudado era quantitativo. Todas as análises estatísticas aplicadas aos dados experimentais foram realizadas pelo Software R Core Team (2014).

Tabela 3 - Esquema de análise de variância com aplicação de teste F para as variáveis-resposta avaliadas da cultivar de soja Brasmax Zeus IPRO cultivada sob ambiente protegido. Ponta Grossa – PR, 2023.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Níveis de água no solo (N)	3
Bioestimulantes (B)	3
N x B	9
Erro Experimental	36
Total	51

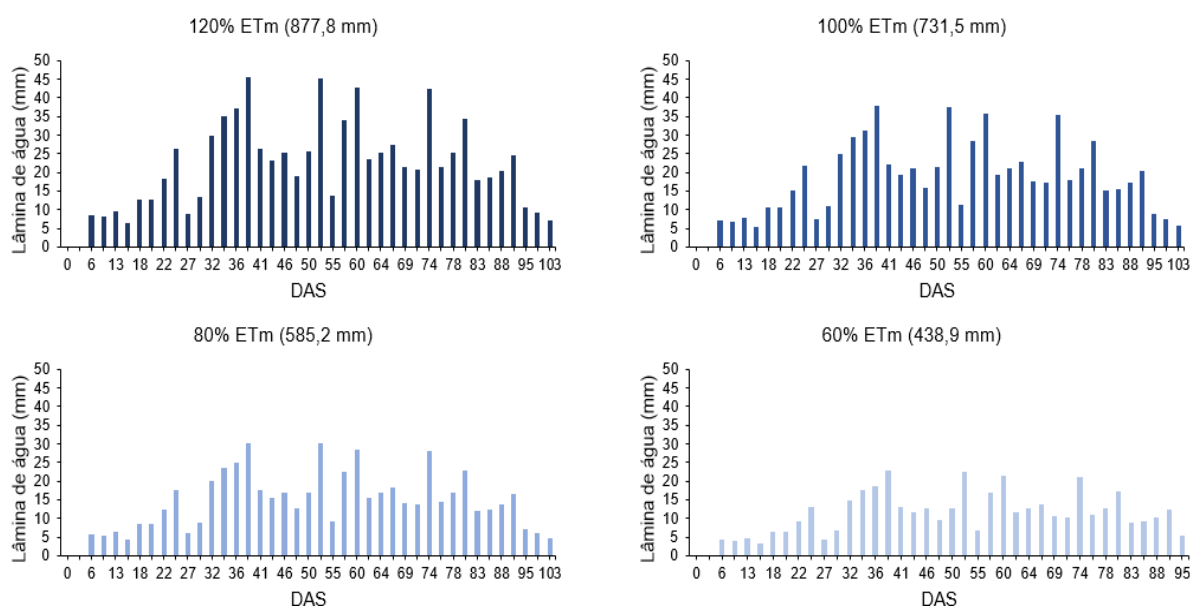
Fonte: O autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 SUPRIMENTO DE ÁGUA NO SOLO

A Figura 1 discrimina as diferentes lâminas totais de irrigação utilizadas após a aplicação dos tratamentos referentes ao suprimento hídrico do solo. Os vasos com a cultivar Brasmax Zeus IPRO receberam as seguintes lâminas de irrigação: 877,8; 731,5; 585,2 e 438,9 mm, respectivamente, para 120, 100, 80 e 60% da ETm.

Figura 1 - Lâminas totais de irrigação aplicadas durante a estação de crescimento da soja em função de dias após a semeadura – DAS. Ponta Grossa – PR, 2023.

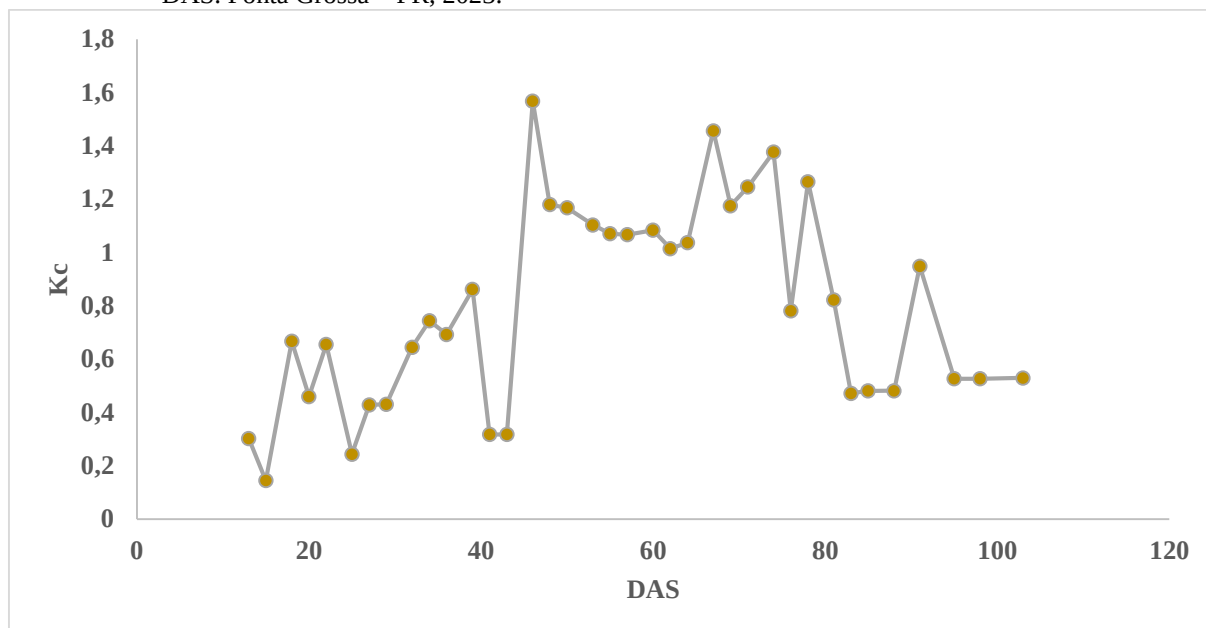


Fonte: O autor

De acordo com a Figura 1, verificou-se que, para todos os tratamentos, as maiores lâminas de irrigação foram aplicadas entre 36 e 74 dias após a semeadura, período que abrange as fases de florescimento e enchimento de grãos. Segundo Farias, Neumaier e Nepomuceno (2009), a disponibilidade adequada de água no solo é essencial para o cultivo da soja, especialmente nas fases mais sensíveis à deficiência hídrica, como a floração e o enchimento de grãos.

Os valores de coeficiente de cultura ou consumo hídrico relativo (Kc) durante o desenvolvimento da cultivar de soja Brasmax Zeus IPRO são demonstrados no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Variação do consumo hídrico relativo (Kc) no decorrer do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultivar Brasmax Zeus IPRO, cultivada em ambiente protegido em função de dias após a semeadura – DAS. Ponta Grossa – PR, 2023.



Fonte: O autor

Os maiores valores de Kc foram observados durante o florescimento e o enchimento de grãos, fases de maior demanda hídrica da cultura, atingindo valor máximo de 1,568. Durante a maturação, fase em que ocorre a queda das folhas, observou-se um declínio nos valores de Kc.

Em trabalho realizado por Mila, Akanda e Sarkar (2016), na cidade de Bangladesh, os autores indicaram valores de Kc de 0,67, 1,46, 1,59 e 0,62 para a cultura da soja nos subperíodos de germinação, desenvolvimento vegetativo, florescimento e enchimento de grãos, e maturação, respectivamente. Deste modo, a literatura aponta que o consumo hídrico relativo das culturas varia de acordo com a espécie cultivada, o estágio de desenvolvimento da cultura, influenciado pela variação do índice de área foliar, e o genótipo empregado. O Kc atinge valores máximos durante o florescimento e o enchimento de grãos e valores menores na fase de maturação.

5.2 PARÂMETROS BIOMÉTRICOS E COMPONENTES DE RENDIMENTO

5.2.1 Altura de plantas

Na Tabela 4, é apresentada a altura de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em diferentes estádios fenológicos. Não foi constatado efeito dos bioestimulantes sobre altura de plantas em qualquer estágio de desenvolvimento; entretanto, a altura de plantas em R1 foi

afetada significativamente pelos níveis de água no solo. Não foi observado efeito significativo da interação entre status de água no solo e bioestimulantes. Considerando a altura de plantas em R1 em função do suprimento hídrico no solo, o desempenho fitotécnico da referida cultivar foi descrito por um modelo de regressão linear simples. Os valores máximos e mínimos foram de 39,09 cm e 36,40 cm para os níveis de umidade do solo de 120% e 60% da ET_m, respectivamente (Gráfico 2).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância com aplicação do teste F para altura de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em estádios V1, V2, R1 e R8, em função de diferentes níveis de água no solo e aplicação de bioestimulantes via sementes. Ponta Grossa – PR, 2023.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios			
		Altura V1 (cm)	Altura V2 (cm)	Altura R1 (cm)	Altura R8 (cm)
Nível de água (N)	3	4,266250 ^{ns}	6,866719 ^{ns}	86,703125**	639,348750 ^{ns}
Bioestimulante (B)	3	1,080397 ^{ns}	3,509145 ^{ns}	42,733578 ^{ns}	501,169490 ^{ns}
N x B	9	4,947186 ^{ns}	6,881980 ^{ns}	96,785172 ^{ns}	610,310093 ^{ns}
C.V (%)		5,93	6,24	7,61	15,60

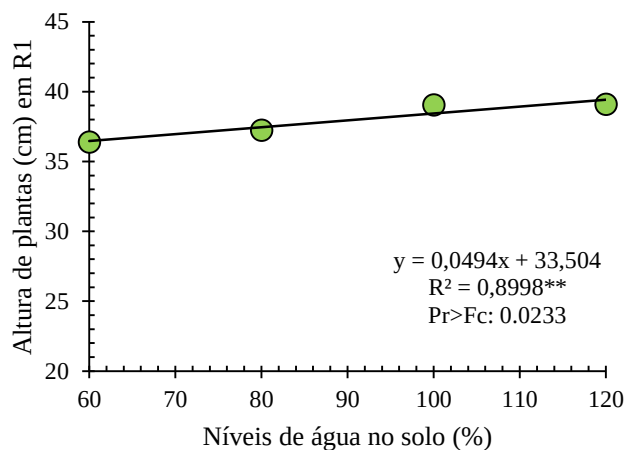
^{ns} - não significativo.

*, ** - significativo a 5% e 1%, respectivamente.

C.V. – coeficiente de variação.

Fonte: O autor

Gráfico 2 - Altura de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em estágio fenológico R1 em função dos níveis de água no solo. Ponta Grossa – PR, 2023. **: P < 0,01.



Fonte: O autor

Em estudo que buscava avaliar o efeito do déficit hídrico sobre as respostas biológicas de plantas de soja da cultivar Nidera 6209 RR, cultivadas sob ambiente protegido, Cassol (2017) também observou uma redução na altura de plantas submetidas ao déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos em comparação ao tratamento controle. De acordo com Ries *et al.* (2012), as plantas cultivadas em solos com restrição hídrica tendem a diminuir o turgor celular, o que

resulta em uma redução da condutância estomática e da expansão celular, limitando a fotossíntese e o crescimento vegetal.

5.2.2 Número de ramos laterais (NRL), número de nós na haste principal (NNHP), número de nós nas hastes laterais (NNHL) e número de nós totais (NNT)

A Tabela 5 apresenta as variáveis-resposta NRL, NNHP, NNHL e NNT de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO. O NRL das plantas de soja não foi condicionado pelo status de água no solo, pelo uso de bioestimulantes e, nem tampouco, pela interação entre esses fatores.

Não houve diferença significativa para o NNHP de soja sob imposição dos níveis de água no solo e o uso de bioestimulantes. Essa variável-resposta também não apresentou efeito de interação entre os fatores estudados.

O emprego de bioestimulantes não afetou significativamente o NNHL de soja; entretanto, essa variável-resposta foi governada pelo status de água no solo. Não houve interação entre níveis de água no solo e uso de bioestimulantes. O Gráfico 3 apresenta um modelo de regressão quadrático que expressa o comportamento de NNHL em função dos diferentes níveis de suprimento hídrico no solo. Os valores máximos e mínimos foram de 22,87 nós e 17,62 nós para os níveis hídricos do solo de 100% e 60% da ET_m, respectivamente.

O NNT das plantas de soja não foi impactado significativamente pelo uso de bioestimulantes; contudo, essa variável-resposta foi influenciada pelo status de água no solo. Não houve interação entre os fatores estudados. O Gráfico 4 manifesta um modelo de regressão quadrático que ilustra o desempenho de NNT em relação aos diferentes níveis hídricos no solo. Os valores máximos e mínimos observados foram de 35,71 e 29,87 nós, correspondendo aos níveis de água no solo de 100% e 60% da ET_m, respectivamente.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância com aplicação do teste F para número de ramos laterais (NRL), número de nós na haste principal (NNHP), número de nós nas hastes laterais (NNHL) e número de nós totais (NNT) de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em função de diferentes níveis de água no solo e aplicação de bioestimulantes via sementes. Ponta Grossa – PR, 2023.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios			
		NRL	NNHP	NNHL	NNT
Nível de água (N)	3	4,417969 ^{ns}	5,105469 ^{ns}	240,671875**	305,230469**
Bioestimulante (B)	3	0,683716 ^{ns}	1,584635 ^{ns}	19,791176 ^{ns}	15,235187 ^{ns}
N x B	9	4,996492 ^{ns}	6,720573 ^{ns}	176,804657 ^{ns}	212,511688 ^{ns}
C.V (%)		14,93	8,02	22,58	14,34

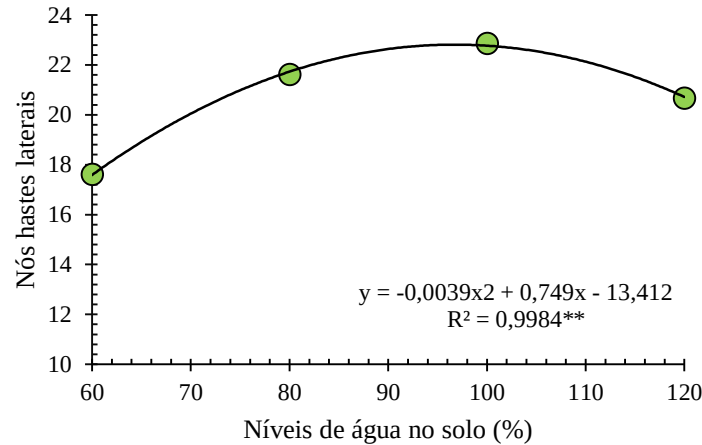
^{ns} - não significativo.

*, ** - significativo a 5% e 1%, respectivamente.

C.V. – coeficiente de variação.

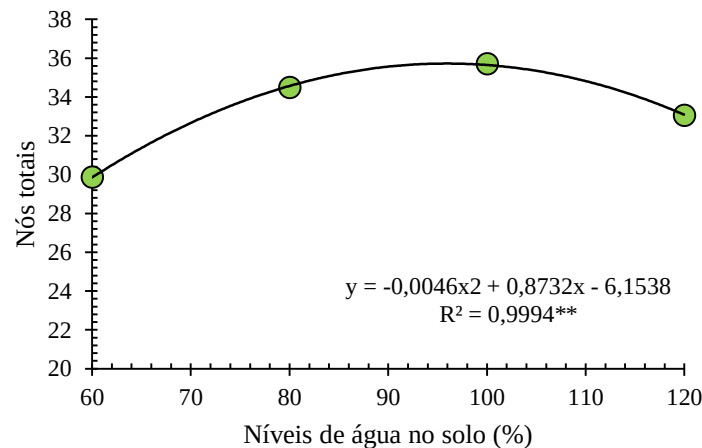
Fonte: O autor

Gráfico 3 - NNHL de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em função dos níveis de água no solo. Ponta Grossa – PR, 2023. **: P < 0,01.



Fonte: O autor

Gráfico 4 - NNT de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em função dos níveis de água no solo. Ponta Grossa – PR, 2023. **: P < 0,01.



Fonte: O autor

Wijewardana *et al.* (2018), em trabalho que objetivava verificar o efeito do status hídrico do solo sobre o desempenho fitotécnico de cultivares de soja, realizado em Mississippi, nos Estados Unidos da América, também observaram que o número de nós das plantas de soja apresentou resposta significativa em função das diferentes lâminas de água aplicadas no solo (20, 40, 60, 80 e 100% da ET_m). De acordo com Brevedan e Egli (2003), o estresse hídrico nos estádios fenológicos iniciais prejudica a produtividade das grandes culturas, como a soja, ao reduzir o número de nós.

5.2.3 Massa de mil grãos (MMG), número de grãos por planta (NGP) e rendimento de grãos por hectare (YH)

Verificamos na Tabela 6 as variáveis-resposta MMG, NGP e YH de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO. Não houve diferença significativa para a MMG em função de níveis de água no solo e uso de bioestimulantes. Todavia, um efeito significativo da interação entre status de água no solo e emprego de bioestimulantes foi observado para essa variável. Conforme demonstra o Gráfico 5, o Bioestimulante Padrão obteve a melhor performance em nível de umidade do solo de 100% da ET_m, alcançando 250,12 g de MMG.

O NGP foi influenciado pelo nível hídrico do solo; porém, seu comportamento não foi significativamente alterado pela aplicação de bioestimulantes. Além disso, não houve interação entre os fatores avaliados. O Gráfico 6 exibe um modelo de regressão linear simples que descreve o comportamento de NGP em virtude do suprimento hídrico no solo. Os valores extremos registrados foram de 90,76 grãos e 72,00 grãos, respectivamente, correspondendo aos níveis de água no solo de 120% e 60% da ET_m.

O YH foi condicionado pelo status hídrico do solo; no entanto, essa variável-resposta não sofreu impacto significativo em relação ao uso de bioestimulantes. Não houve efeito de interação entre os fatores estudados. Considerando o YH em função do suprimento de água no solo, o desempenho fitotécnico da cultivar foi descrito por um modelo de regressão quadrático. Os valores máximos e mínimos foram de 4574,80 kg ha⁻¹ e 3246,20 kg ha⁻¹ sob os níveis de umidade do solo de 100% e 60% da ET_m, respectivamente (Gráfico 7).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância com aplicação do teste F para massa de mil grãos (MMG), número de grãos por planta (NGP) e rendimento de grãos por hectare (YH) de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em função de diferentes níveis de água no solo e aplicação de bioestimulantes via sementes. Ponta Grossa – PR, 2023.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios		
		MMG (g)	NGP	YH (kg ha ⁻¹)
Nível de água (N)	3	1003,322163 ^{ns}	2167,395387**	5856191,401**
Bioestimulante (B)	3	1361,754791 ^{ns}	247,218983 ^{ns}	293900,858 ^{ns}
N x B	9	4869,493075**	451,649713 ^{ns}	199196,956 ^{ns}
C.V (%)		7,73	12,50	14,46

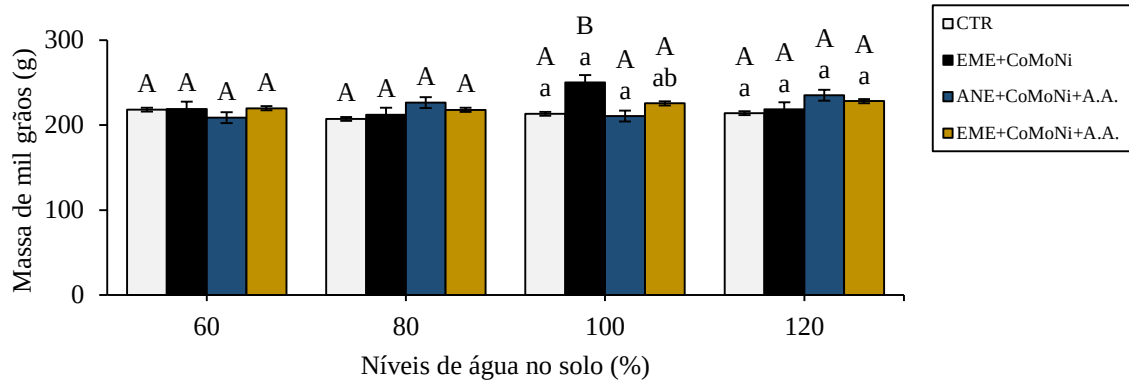
^{ns} – não significativo.

*, ** - significativo a 5% e 1%, respectivamente.

C.V. – coeficiente de variação.

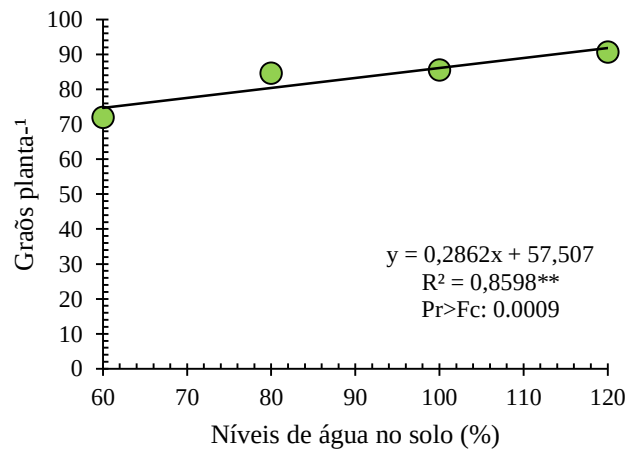
Fonte: O autor

Gráfico 5 - MMG de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em função da interação dos níveis de água no solo e aplicação via sementes dos bioestimulantes. Ponta Grossa – PR, 2023. Letras maiúsculas: Níveis de água no solo; Letras minúsculas: Bioestimulantes. **: $P < 0,01$.



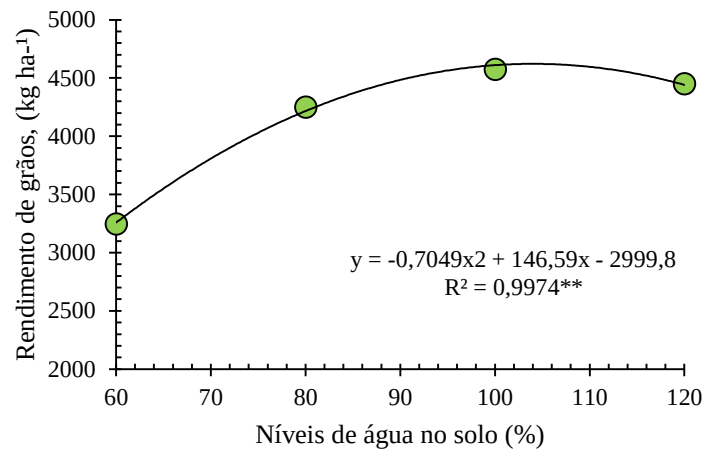
Fonte: O autor

Gráfico 6 - NGP de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em função dos níveis de água no solo. Ponta Grossa – PR, 2023. **: $P < 0,01$.



Fonte: O autor

Gráfico 7 - YH de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em função dos níveis de água no solo. Ponta Grossa – PR, 2023. **: $P < 0,01$.



Fonte: O autor

Em trabalho que objetivava verificar a eficiência do emprego de bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja, conduzido em Rio Verde, no estado de Goiás, Cavalcante *et al.* (2020) observaram que a utilização de bioestimulantes em situação de stress hídrico aumentou significativamente a massa de 100 grãos. Gava *et al.* (2015), em pesquisa conduzida em Piracicaba, identificaram efeito de nível de água no solo sobre a massa de 100 grãos. Os tratamentos com déficit hídrico diminuíram significativamente a massa de 100 grãos. Segundo Wijewardana *et al.* (2018), a produtividade é o resultado da taxa e duração do período efetivo de enchimento de grãos. Desse modo, plantas submetidas à deficiência hídrica durante esse período sofrem redução de massa de grãos (Salinas *et al.*, 1996).

Fioreze *et al.* (2011), ao investigarem o comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação na cidade de Marechal Cândido Rondon, no Paraná, também identificaram uma redução no número de grãos por planta no genótipo CD 217 avaliado sob condições de déficit hídrico. Entretanto, para os genótipos CD 201 e CD 202, os autores não notaram diferença entre plantas irrigadas e plantas submetidas a situação de falta de água em relação ao número de grãos por planta. O stress hídrico durante a fase de enchimento de grãos resulta em redução do número de grãos por planta devido ao encurtamento do subperíodo de enchimento de grãos (Brevedan; Egli, 2003).

Thomas e Costa (1994), em pesquisa que buscava verificar a influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja, realizada em Eldorado do Sul, no Rio Grande do Sul, também observaram um menor rendimento de grãos de soja em condições de déficit hídrico. Em trabalho que visava avaliar a dinâmica do balanço hídrico para a cultura da

soja submetida a diferentes níveis de déficit hídrico e seu impacto na produtividade da cultura, coordenado em Santa Maria, Armoa Báez *et al.* (2020) verificaram uma redução no rendimento de grãos com o aumento do déficit hídrico. O déficit hídrico prejudica a expansão celular em plantas de soja, diminuindo consideravelmente a área foliar, acelera a senescência e provoca a queda de folhas mais velhas e reduz a translocação de fotoassimilados pelas plantas, resultando em menores produtividades (Thomas; Costa, 1994).

5.2.4 Número de vagens por planta (NVP)

Examinando os dados ilustrados na Tabela 7, notou-se que o NVP foi afetado significativamente pelo nível de água no solo. Contudo, não se constatou efeito do emprego de bioestimulantes sobre essa variável-resposta. Acerca da interação entre os fatores citados anteriormente, não se observou efeito sobre o NVP. Levando-se em consideração o NVP sob influência do fornecimento de água no solo, o comportamento da cultivar foi descrito por um modelo de regressão quadrática. O NVP máximo e mínimo registrados foram 85,91 e 71,40 vagens, correspondendo, respectivamente, aos níveis de umidade do solo de 100% e 60% da ETm (Gráfico 8).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância com aplicação do teste F para NVP de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em função de diferentes níveis de água no solo e aplicação de bioestimulantes via sementes. Ponta Grossa – PR, 2023.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios
		NVP
Nível de água (N)	3	15,456**
Bioestimulante (B)	3	3,454 ^{ns}
N x B	9	16,327 ^{ns}
C.V (%)		8,25

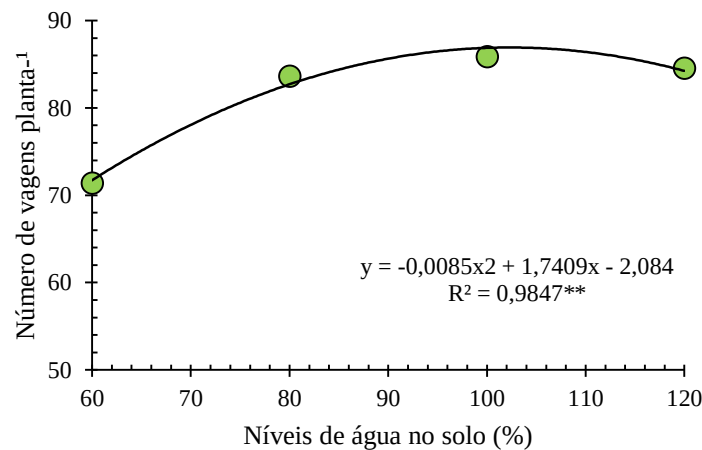
^{ns} - não significativo.

*,** - significativo a 5% e 1%, respectivamente.

C.V. – coeficiente de variação.

Fonte: O autor

Gráfico 8 - NVP de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em função dos níveis de água no solo. Ponta Grossa – PR, 2023. **: P < 0,01.



Fonte: O autor

Para a cultura da soja semeada em lisímetros em casa de vegetação, Gava *et al.* (2015), em trabalho realizado em Piracicaba, no estado de São Paulo, também verificaram que o déficit hídrico reduziu o número de vagens por planta. Wijewardana *et al.* (2018) constataram em duas cultivares de soja redução do número de vagens por planta quando submetidas ao nível mais severo de estresse hídrico em comparação a condição ideal de suprimento de água no solo. Segundo Farias, Neumaier e Nepomuceno (2009), situações de escassez hídrica ao longo das etapas de floração e enchimento de grãos induzem o fechamento dos estômatos, o que favorece a queda precoce das flores e, como consequência, o abortamento das vagens.

5.3 RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS

5.3.1 Teores de clorofila A, clorofila B, clorofila total e relação total entre teor de clorofila A e clorofila B nos estádios fenológicos V2 e R1

Na Tabela 8, podemos observar os teores de clorofila A, clorofila B, clorofila total e relação entre teor de clorofila A e clorofila B das plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO no estágio fenológico V2. Não foi constatado efeito do status hídrico do solo e do emprego de bioestimulantes sobre todas as variáveis-resposta analisadas nessa tabela. Também não houve interação entre níveis de água no solo e uso de bioestimulantes.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância com aplicação do teste F para teor de clorofila A, teor de clorofila B, teor de clorofila total e relação entre teor de clorofila A e teor de clorofila B de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em estágio fenológico V2 em função de diferentes níveis de água no solo e aplicação de bioestimulantes via sementes. Ponta Grossa – PR, 2023.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios			
		Clor A	Clor B	Clor Total	Rel Clor A/Clor B
Nível de água (N)	3	0,165000 ^{ns}	0,510625 ^{ns}	1,161875 ^{ns}	0,061719 ^{ns}
Bioestimulante (B)	3	0,987419 ^{ns}	1,080939 ^{ns}	4,535912 ^{ns}	0,148430 ^{ns}
N x B	9	3,420914 ^{ns}	1,626145 ^{ns}	9,247922 ^{ns}	0,264695 ^{ns}
C.V (%)		2,94	7,50	3,82	4,55

^{ns} - não significativo.

*, ** - significativo a 5% e 1%, respectivamente.

C.V. – coeficiente de variação.

Fonte: O autor

As variáveis-resposta teor de clorofila A, teor de clorofila B, teor de clorofila total e relação entre teor de clorofila A e teor de clorofila B de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO no estágio fenológico R1 são expressas na Tabela 9.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância com aplicação do teste F para teor de clorofila A, teor de clorofila B, teor de clorofila total e relação entre teor de clorofila A e teor de clorofila B de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em estágio fenológico R1 em função de diferentes níveis de água no solo e aplicação de bioestimulantes via sementes. Ponta Grossa – PR, 2023.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios			
		Clor A	Clor B	Clor Total	Rel Clor A/Clor B
Nível de água (N)	3	9,682969**	29,861875**	170,525625**	4,341250**
Bioestimulante (B)	3	10,255682**	3,49158*	25,511463**	0,564123 ^{ns}
N x B	9	14,694526 ^{ns}	5,641248 ^{ns}	34,287287 ^{ns}	1,152627 ^{ns}
C.V (%)		4,07	10,29	4,76	9,53

^{ns} - não significativo.

*, ** - significativo a 5% e 1%, respectivamente.

C.V. – coeficiente de variação.

Fonte: O autor

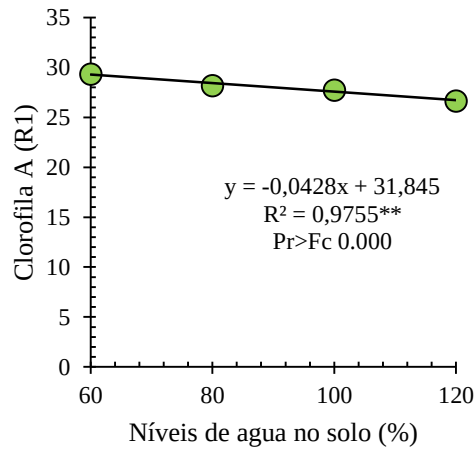
O teor de clorofila A foi afetado significativamente pelos níveis de água no solo e pelo emprego de bioestimulantes. Entretanto, não foi observada interação entre esses dois fatores. O Gráfico 9 exibe um modelo de regressão linear simples que representa a variação do teor de clorofila A em resposta aos diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo. Os valores máximos e mínimos observados foram de 29,36 e 26,66, correspondendo, respectivamente, aos níveis de umidade do solo de 60% e 120% da ET_m. O Gráfico 10 manifesta a aplicação de teste de comparação de médias que retrata o desempenho do teor de clorofila A em relação ao uso de bioestimulantes. É possível verificar que o Bioestimulante Padrão apresentou o valor máximo observado dessa variável-resposta, 28,66, diferindo-se estatisticamente do Bioestimulante Fórmula 1 e do Bioestimulante Fórmula 2, enquanto o Controle não diferenciou-se dos demais bioestimulantes.

O teor de clorofila B foi condicionado tanto pelo status hídrico do solo quanto pela aplicação de bioestimulantes. No entanto, não houve interação entre esses dois fatores. O Gráfico 11 apresenta um modelo de regressão linear simples que ilustra a resposta do teor de clorofila A em função dos diferentes níveis de água no solo. Os valores máximos e mínimos notados foram de 8,05 e 6,23, correspondendo aos níveis de umidade do solo de 60% e 120% da ETm, respectivamente. Além disso, o Gráfico 12 revela um teste de comparação de médias que evidencia o desempenho do teor de clorofila B em relação ao emprego de bioestimulantes. Observa-se valores de 7,28 e 7,60, que correspondem ao Bioestimulante Fórmula 1 e ao Bioestimulante Fórmula 2, respectivamente, os quais diferem-se estatisticamente do Controle e do Bioestimulante Padrão, apresentando valores inferiores.

O suprimento hídrico do solo e uso de bioestimulantes afetaram significativamente o teor de clorofila total. Contudo, não houve efeito de interação entre esses dois fatores. Considerando o teor de clorofila total em relação à disponibilidade de água no solo, o desempenho dessa variável-resposta foi representado por um modelo de regressão linear simples. Os valores extremos verificados foram de 37,38 e 32,90, correspondendo aos níveis de água no solo de 60% e 120% da ETm, respectivamente (Gráfico 13). Ademais, o Gráfico 14 expressa o emprego de teste de comparação de médias que demonstra a performance do teor de clorofila total no que se refere a aplicação de bioestimulantes. Nota-se que o Bioestimulante Padrão apresentou teor de clorofila total de 36,24, revelando melhor desempenho e diferindo-se estatisticamente do Bioestimulante Fórmula 1 e do Bioestimulante Fórmula 2. Todavia, o Controle não apresentou diferença estatística em relação aos demais bioestimulantes.

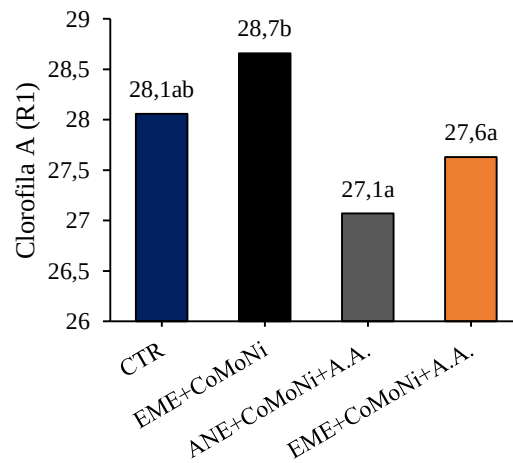
A relação entre teor de clorofila A e teor de clorofila B não foi condicionada pelo emprego de bioestimulantes; porém, foi governada pelo status de água no solo. Não foi observada interação entre os fatores. No particular ao nível de água no solo, a relação entre teor de clorofila A e teor de clorofila B foi descrita por um modelo de regressão linear simples, observado no Gráfico 15, com valores máximos e mínimos de 4,33 e 3,68 sob os níveis de umidade 120% e 60% da ETm, respectivamente.

Gráfico 9 - Teor de clorofila A de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em estágio fenológico R1 em função dos níveis de água no solo. Ponta Grossa – PR, 2023. **: $P < 0,01$.



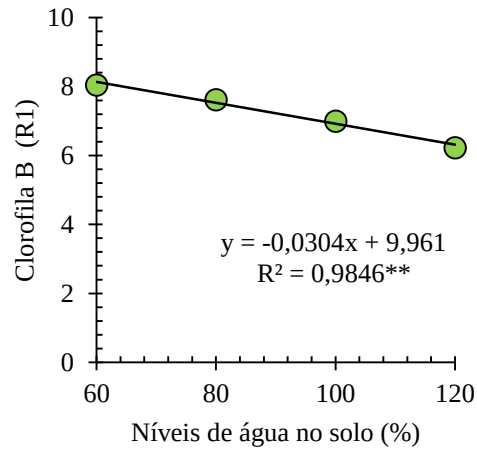
Fonte: O autor

Gráfico 10 - Teor de clorofila A de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em estágio fenológico R1 em função do emprego de bioestimulantes. Ponta Grossa – PR, 2023. **: $P < 0,01$



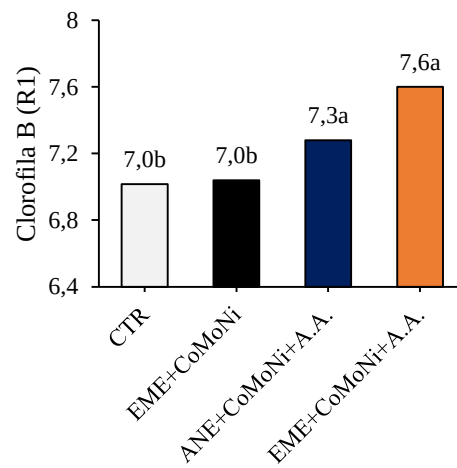
Fonte: O autor

Gráfico 11 - Teor de clorofila B de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em estágio fenológico R1 em função dos níveis de água no solo. Ponta Grossa – PR, 2023. **: $P < 0,01$.



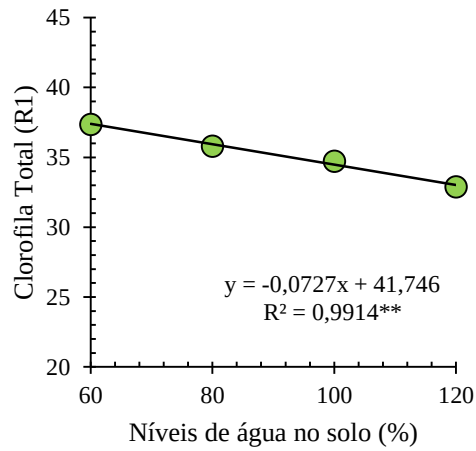
Fonte: O autor

Gráfico 12 - Teor de clorofila B de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em estágio fenológico R1 em função do emprego de bioestimulantes. Ponta Grossa – PR, 2023. *: $P < 0,05$.



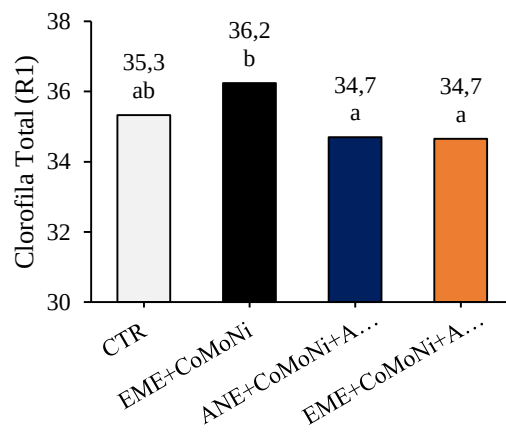
Fonte: O autor

Gráfico 13 - Teor de clorofila total de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em estágio fenológico R1 em função dos níveis de água no solo. Ponta Grossa – PR, 2023. **: P < 0,01.



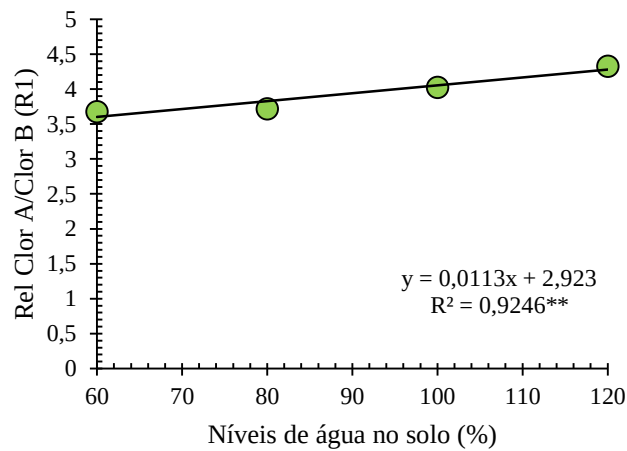
Fonte: O autor

Gráfico 14 - Teor de clorofila total de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em estágio fenológico R1 em função do emprego de bioestimulantes. Ponta Grossa – PR, 2023. **: P < 0,01.



Fonte: O autor

Gráfico 15 - Relação entre teor de clorofila A e teor de clorofila B de plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO em estágio fenológico R1 em função dos níveis de água no solo. Ponta Grossa – PR, 2023. **: $P < 0,01$.



Fonte: O autor

Em pesquisa conduzida na cidade de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, Moraes *et al.* (2020) avaliaram o efeito da aplicação de bioestimulantes sobre o índice de clorofila total na cultura da soja, sob deficiência hídrica. Os pesquisadores constataram que o emprego de bioestimulantes via tratamento de sementes aumentou o índice de clorofila total de plantas de soja, mesmo em condições de deficiência hídrica, resultando em uma maior eficiência fotossintética das plantas. De acordo com Taiz e Zeiger (2009), as clorofilas são fundamentais no processo fotossintético, por serem responsáveis pela captação da energia luminosa e no direcionamento ao centro de reação dos fotossistemas.

Almeida (2019), em trabalho que buscava determinar as alterações promovidas pelo estresse por déficit hídrico em plantas de soja sob irradiâncias contrastantes nas características fotossintéticas, anatômicas, bioquímicas e produtivas das plantas de soja, conduzido na cidade de Rio Verde, em Goiás, constatou que os teores de clorofila A, clorofila B e clorofila total das plantas foram inferiores em condição de solo com 40% da capacidade de campo, diferentemente do que foi observado em nosso trabalho, onde os teores de clorofila A e B foram superiores em situações de falta de água. Segundo Neto (2019), o estresse por déficit hídrico degrada clorofila, prejudicando a sanidade de plantas de soja.

6 CONCLUSÕES

Plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO cultivadas sob condição hídrica ideal, ou seja, 100% da ET_m, apresentaram os maiores valores observados para as variáveis-resposta altura de plantas, número de nós nas hastes laterais, número de nós totais, rendimento de grãos por hectare e número de vagens.

As variáveis-resposta número de grãos por planta e relação entre teor de clorofila A e teor de clorofila B demonstraram valores superiores sob o nível de umidade 120% da ET_m.

Os teores de clorofila A, clorofila B e clorofila total foram maiores sob nível de água 60% da ET_m.

Plantas de soja da cultivar Brasmax Zeus IPRO cultivadas sob condições de déficit hídrico, ou seja, 60% e 80% da ET_m, não apresentaram maior resiliência ou melhor crescimento quando associadas aos bioestimulantes.

REFERÊNCIAS

ALAMBERT, M. R. **Estimação estocástica de parâmetros produtivos da soja: uso do modelo PPDSO em um estudo de caso em Piracicaba/SP**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agroenergia – Fitotecnia) – Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2010.

ALLAN, R. G. *et al.* **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. 1. ed. Rome: FAO, 1998.

ALMEIDA, G. M. **Aspectos fisiológicos, anatômicos e produtivos em plantas de soja sob duas condições de irradiância e umidade do solo**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2019.

ARAÚJO, L. L. M. *et al.* Ação de bioestimulantes em cultivares comerciais de soja na região norte do Vale do Araguaia – MT. **Revista Pesquisagro**, Confressa, v. 4, n. 1, p. 3-21, jan./jul. 2021.

ARMOA BÁEZ, M. S. *et al.* Balanço hídrico e produtividade da soja cultivada sob diferentes níveis de déficit hídrico no Sul do Brasil. **Investigación Agraria**, v. 22, n. 1, p. 3-12, jun. 2020.

AROCA, R. **Plant Responses to Drought Stress: From Morphological to Molecular Features**. Berlin: Springer-Verlag, 2012. 466 p.

ÁVILA, M. R. *et al.* Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 567-691, nov./dez. 2008.

BERTOLIN, D. C. *et al.* Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010.

BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectivas. In: CÂMARA, G. M. S. **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2000. cap. 1, p. 1-18.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretária de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009.

BRASMAX. **Brasmax Zeus IPRO: o poder do máximo rendimento de soja**. Brasmax Genética. 10 mai. 2018. Disponível em: <https://www.brasmaxgenetica.com.br/blog/brasmax-zeus/>. Acesso em: 15 abr. 2024.

BREVEDAN, R.; EGLI, D. B. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence, and yield of soybean. **Crop Science**, v. 43, p. 2083–2088, nov. 2003.

CAMPOS, A. J. M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, e311101523155, nov. 2021

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. Viçosa: Editora UFV, 2012. 239 p.

CASAROLI, D.; LIER, Q. J.; Critérios para Determinação da Capacidade de Vaso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 59-66, fev. 2008.

CASSOL, G. V. **Sistema de implantação, irrigação e alterações fisiológicas de plantas de soja sob cultivo em terras baixas**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132 p.

CAVALCANTE, W. S. S. *et al.* Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 4, p. 754-763, out./dez. 2020.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – safra 2024/2025 – 5º levantamento**. CONAB, Brasília, v. 12, n. 5, fev. 2025. 107 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 13 fev. 2025.

COSTA, A. R. **As relações hídricas das plantas vasculares**. Évora: Universidade de Évora, 2001. 75 p.

COSTA, C. A.; CÂNDIDO, G. A.; MACEDO, L. B. Análise descritiva e comparativa do programa soja plus no estado de Mato Grosso: uma abordagem a partir da responsabilidade social empresarial. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v.8, n.3, p. 292- 314, mai./ago. 2016.

COSTA, E. D. **Arranjo de plantas, características agronômicas e produtividade de soja**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.

DALL’AGNOL, A. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2016. 71 p.

EBIC. **Economic Overview of the European Biostimulants Market**. EBIC, 2021. Disponível em: <https://biostimulants.eu/>. Acesso: 10 jul 2024.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. cap. 2, p. 263-277.

FELICI, P. H. N. **Métodos multivariados no estudo da diversidade genética e adaptabilidade e estabilidade em soja convencional**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia – Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

FIGUEIREDO, S. L. *et al.* Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 342-349, mai./jun. 2011.

FLUMIGNAN, D. L.; FARIA, R. T. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo de cafeeiros em fase de formação. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 269-278, 2009.

GAVA, R. *et al.* Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 6, p. 349-359, nov. 2015.

GIONGO, P. R. **Mapeamento do balanço de energia e evapotranspiração diária por meio de técnicas de sensoriamento remoto**. 2011. Tese (Doutorado em Ciências – Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

HERMES, E. C. K.; NUNES, J.; NUNES, J. V. D. Influência do bioestimulante no enraizamento e produtividade da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 8, p. 33-42, 2015.

KLAHOLD, C. A. **Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante**. 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2005.

LISZBINSKI, B. B.; BRIZOLLA, M. M. B.; PATIAS, T. Z. Produção de soja: perspectivas sociais e ambientais a partir do olhar do produtor. **Geosul**, Florianópolis, v. 36, n.79, p. 347-371, mai./ago. 2021.

LIMA, R. F. Climate Change Assessment in Brazil: Utilizing the Köppen-Geiger (1936) Climate Classification. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 38, e38230001, set. 2023.

LIMA, R. O. **Sustentabilidade da produção de soja no Brasil central: características químicas do solo e balanço de nutrientes no sistema solo-planta**. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

MAEHLER, A. R. *et al.* Qualidade de grãos de duas cultivares de soja em função da disponibilidade de água no solo e arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 213-218, mar./abr. 2003.

MARQUES, M. E. R.; SIMONETTI, A. P. M. M.; ROSA, H. A. Aspectos produtivos do uso de bioestimulantes na cultura da soja. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 3, n. 4, p. 155-163, 2014.

MEYER, M. C. *et al.* **Bioinsumos na cultura da soja**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2022. 550 p.

MILA, A. J.; AKANDA, A. R.; SARKAR, K. K. Determination of Crop Co-efficient Values of Soybean (*Glycine max* [L.] Merrill) by Lysimeter Study. **The Agriculturists**, Bangladesh, v. 14, n. 2, p. 14-23, dez. 2016.

MORAIS, T. B. *et al.* Efeito dos bioestimulantes Seed+ e Crop+ no índice de clorofila total da soja sob estresse hídrico. In: OLIVEIRA, R. J. **Agricultura em foco: tópicos em manejo, fertilidade do solo e impactos ambientais**. Guarujá: Científica Digital, 2020. cap 24, p. 166-171.

NETO, A. P. **Tolerância ao deficit hídrico em soja: respostas bioquímicas, fisiológicas e fenotípicas**. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia – Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2019.

NOGUEIRA, A. P. O. *et al.* Morfologia, crescimento e desenvolvimento. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenaz, 2009. cap. 2, p. 7-16.

NORRIE, J. Advances in the use of *Ascophyllum nodosum* seaplant extracts for crop production: linking laboratory and field research. **The Fluid Fertilizer Foundation**, Nova Scotia, 2008. Disponível em: <https://fluidfertilizer.org/wp-content/uploads/2016/05/Jeffery-Norrie-1.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2024.

PEITER, M.; BUSKE, T. C.; ROBAINA, A. D. Rendimento relativo da cultura da soja em função da lâmina de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 282-292, abr./jun. 2013.

PEREIRA, A. B.; PIRES, L. Evapotranspiration and Water Management for Crop Production. In: GEROSA, G. **Evapotranspiration – From Measurements to Agricultural and Environmental Applications**. Intech, 2011. cap. 8, p. 143-166.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004. 191 p.

RADIN, B. *et al.* Evapotranspiração da cultura do milho em função da demanda evaporativa atmosférica e do crescimento das plantas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 9, n. 1-2, p. 7-16, 2003.

RAY, J. D. *et al.* The effect of vapor pressure deficit on maize transpiration response to a drying soil. **Plant and Soil**, v. 239, p.113-121, feb. 2002.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 20 dez. 2023.

RIES, L. *et al.* Physiological Traits Contributing to Differential Canopy Wilting in Soybean under Drought. **Crop Science**, v. 52, p. 272-281, jan. 2012.

RODRIGUES, T. R. *et al.* Water availability to soybean crop as a function of the least limiting water range and evapotranspiration. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 2, p. 161-167, abr./jun. 2017.

SALINAS, A. *et al.* Respuestas fisiológicas que caracterizan el comportamiento de diferentes cultivares de soja a la deficiencia hídrica en el suelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n.5, p. 331-338, mai. 1996.

SANTIAGO, E. J. P. *et al.* Ajuste da equação de Hargreaves e Samani a partir de dados lisimétricos para o município de Juazeiro-BA. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 108-114, 2016.

SANTOS, C. M. G.; VIEIRA, E. L. Efeito de bioestimulante na germinação de grãos, vigor de plântulas e crescimento inicial do algodoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 17, n. 3, p. 124-130, 2005.

SANTOS, V. M. *et al.* Desenvolvimento de plantas de soja em função de bioestimulantes em condições de adubação fosfatada. **BioScience**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 1087-1094, jul./ago. 2014.

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

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, C.; BARROS, H. B. Cultivares. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenasa, 2009. cap. 8, p.77-92.

SEIXAS, C. D. S. *et al.* **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 346 p.

SENTELHAS, P. C. *et al.* The soybean yield gap in Brazil - magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **Journal of Agricultural Science**, v. 53, n. 8, p. 1394-1411, abr. 2015.

SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos Cultivos: Informações para uma Agricultura Sustentável. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. cap. 1, p. 263-277.

SILVA, P. A. **Uso de bioestimulantes a base algas marinhas para tratamento de sementes de trigo**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia – Agricultura) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2021.

SILVA, T. G. F. *et al.* Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 64-71, 2012.

SILVA, T. T. A. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 840-846, mai./jun. 2008.

TAGLIAFERRE, C. *et al.* Influência dos elementos meteorológicos na evapotranspiração de referência estimada utilizando-se o irrigômetro no município de Guanambi – BA. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 251-260, mai./jun. 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1389-1396, set. 1994.

USDA – United States Department of Agriculture. **Safra Mundial de Soja 2024/25 – 10º Levantamento do USDA**. USDA, 2025. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-soja/>. Acesso em: 31 mar. 2025.

VAN LENTEREN, J. C. *et al.* Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v. 63, n. 1, p.39-59, mar. 2017.

VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, M. C. E. Algas: da economia dos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 139-145, 2004.

VIVAN, G. A. **Resposta da irrigação suplementar em diferentes cenários para a cultura da soja na microrregião de Passo Fundo, RS**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

WIJEWARDANA, C. *et al.* Quantifying soil moisture deficit effects on soybean yield and yield component distribution patterns. **Irrigation Science**, v. 36, p. 241–255, jun. 2018.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. **Photosynthetica**, v. 38, n. 1, p. 171-186, jul. 2000.

ANEXO A – RESUMO DE TRABALHO APRESENTADO NO ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO (EAITI) 2023



IMPACTO DE BIOESTIMULANTES ASSOCIADO A STATUS DE ÁGUA NO SOLO SOBRE AS RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DA SOJA

Haroldo Bernardo de Geus Neto (PIBITI/CNPq/ Universidade Estadual de Ponta Grossa, 21009722@uepg.br, André Belmont Pereira, doctorpeartree023@gmail.com)

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Ciências do Solo e Engenharia Agrícola

Agronomia/Agronometeorologia

Palavras-Chave: Status de Água, *Glycine max* L., Bioestimulantes, Estresse hídrico, Estufa.

Introdução	Potencial de Mercado e Diferencial Competitivo
A soja (<i>Glycine max</i> L.) é uma das mais importantes oleaginosas cultivadas no mundo, devido ao seu elevado teor de proteína e de óleo, além do grande rendimento de grãos, o que possibilita o seu uso na alimentação animal e humana, a produção de biocombustíveis, dentre outras finalidades. Conhecer a melhor lâmina de irrigação a ser aplicada contribui para que a cultura alcance altas produtividades. Diante do progressivo surgimento de novas tecnologias na área agrícola, procuramos propor uma tecnologia que vem ganhando notoriedade: emprego de bioestimulantes vegetais. Nossa pesquisa contou com os tratamentos umidade do solo (fator 1) em quatro níveis (60%, 80%, 100% e 120% da ETm) e bioestimulantes em quatro níveis (Controle, Bioestimulante padrão de mercado, Bioestimulante teste 1 e Bioestimulante teste 2) que foram empregados via tratamento de sementes. O presente estudo, realizado em casa de vegetação, visa avaliar os impactos do uso dessa tecnologia a partir de sua aplicação no cultivo da soja relacionado ao status de água no solo.	Com a população mundial mais consciente a respeito dos danos ambientais advindos do uso irracional da água nas lavouras, existe uma demanda por novas alternativas mais sustentáveis. Desta maneira, a incorporação de bioestimulantes ganha força no mercado, tendo em vista que os mesmos estimulam o crescimento da planta, melhorando a eficiência de absorção de nutrientes, a tolerância a estresses abióticos e a qualidade do produto. Nesse sentido, os bioestimulantes são ferramentas inovadoras capazes de auxiliar as plantas a terem maior resiliência sob situações de estresse ambiental, bem como para otimizar o uso de nutrientes em campos de produção.
Problema	Considerações Finais
Face à necessidade de aumento na produção de alimentos devido ao elevado crescimento populacional mundial nos últimos anos, a demanda por novas técnicas e tecnologias envolvidas nas áreas de produção agrícola visando aumentar a produtividade é urgente. Portanto, é necessário propor diferentes alternativas buscando esse aumento de rendimento. A quantidade de água utilizada em sistemas de produção irrigados visando a maior lucratividade depende da demanda hídrica e do manejo da cultura. Por este motivo, o gerenciamento de água empregado em sistemas de produção agrícola exige o conhecimento das necessidades hídricas das espécies vegetais cultivadas em dada localidade climática.	Deste modo, constatamos que o uso de bioestimulantes, impacta significativamente os teores de clorofila de plantas de soja em estágio fenológico R1. Porém, é necessário ressaltar que esta tecnologia pode proporcionar efeitos negativos se aplicada erroneamente, sem acompanhamento de um especialista na área. Além disso, o nível de água no solo se mostrou muito importante no desenvolvimento da soja, tendo em vista que mostrou efeito estatístico significativo sobre variáveis importantes da cultura.
Solução e Benefícios	Estágio de Desenvolvimento da Tecnologia
A solução para o problema enunciado reside na utilização de bioestimulantes visando à obtenção de efeitos positivos relativos as condições hídricas do solo para desenvolvimento da cultura da soja. Neste sentido, alguns dos benefícios que a tecnologia pode fornecer consiste em melhor absorção e assimilação de nutrientes pelas plantas e maior resistência sob situações de estresse.	Nível 6 (escalonamento): modelo do sistema/subsistema protótipo de demonstrador em ambiente relevante. Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente relevante de produção. A tecnologia está em fase de testes sem alcançar a escala final.
	Agradecimentos
	Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio fornecido, ao meu orientador André Belmont Pereira, ao doutorando João Victor de Mattos e ao meu colega Makissuel Borgo.
	Contato Institucional
	Universidade Estadual de Ponta Grossa Departamento de Ciências do Solo e Engenharia Agrícola dsolos@uepg.br (42) 3220-3090

ANEXO B – CERTIFICADO DE TRABALHO APRESENTADO NO ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO (EAITI) 2023



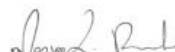
Certificamos que **HAROLDO BERNARDO DE GEUS NETO** apresentou trabalho durante o **13º Encontro Anual de Iniciação Tecnológica e Inovação**, realizado nos dias 30 de Novembro e 01 de Dezembro de 2023 na **Universidade Estadual de Maringá**, totalizando 2 horas.

Coautor(es): **JOÃO VICTOR DE MATTOS** e **MAKISSUEL CORREIA BORG**
Orientador(a): **ANDRÉ BELMONT PEREIRA**

Título:
IMPACTO DE BIOESTIMULANTES ASSOCIADO A STATUS DE ÁGUA NO SOLO SOBRE AS RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DA SOJA


Prof. Dr. Mauro Antonio da Silva Sá Ravagnani
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

Maringá, 16 de Janeiro de 2024.


Prof. Dr. Marcos Luciano Bruschi
Diretor de Pesquisa

