

BIOESTIMULANTES NO TRATAMENTO DE SEMENTES DE MILHO SOB CONDIÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO

BIOSTIMULANTS IN THE TREATMENT OF CORN SEEDS UNDER STRESS CONDITIONS

GUSTAVO DA SILVA PIERINI¹ – gustavospierini@gmail.com
LIA MARA MOTERLE DOS SANTOS² – lia.santos@umfg.edu.br

1. Acadêmico do curso de graduação do curso de Agronomia da Faculdade UMFG.

2. Professor Orientador. Faculdade UMFG - Rod PR-082 KM 468 - Lote 45/46 - Gleba, R. Ribeira, Cianorte - PR, 87200-000.

Recebido em 03/09/2025. Publicado em 12/12/2025

RESUMO

O estresse causado pelo déficit hídrico, logo após a semeadura, é um dos principais fatores que reduzem a produtividade e a qualidade das sementes de milho. Diante disso, na busca por estratégias que visem maior tolerância a esta condição, foram desenvolvidos produtos que atuam no potencial fisiológico das sementes. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a germinação e vigor de sementes de milho, cultivar FS 575 PWU, submetidas ao tratamento com substâncias bioativas: os bioestimulantes Stimulate[®] e Fisoroot[®] em situação de estresse hídrico. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, no esquema fatorial 2 x 4 (bioestimulantes x níveis de potencial osmótico). Para simular o estresse hídrico, as sementes foram semeadas em rolos de papel-toalha embebidos com soluções de cloreto de potássio (KCl), utilizando-se quatro níveis de potencial osmótico: 0,0 (controle); -0,3; -0,6 e -0,9MPa. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos testes: Padrão de Germinação, primeira contagem da Germinação, Comprimento de Parte Aérea, Comprimento da Raiz Primária e Biomassa Seca das Plântulas. Os bioestimulantes Fisoroot[®] e Stimulate[®] tiveram efeitos semelhantes na qualidade fisiológica de sementes submetidas ao estresse. O uso do bioestimulante Stimulate[®] beneficiou o comprimento da parte aérea, comprimento da raiz peso da biomassa seca das sementes da variedade FS 575 PWU, na condição de estresse hídrico de -0,3 MPa.

Palavras-Chave: crescimento de plântulas; déficit hídrico; germinação; *Zea mays* L.

ABSTRACT

Stress caused by water deficit immediately after sowing is one of the main factors reducing the productivity and quality of corn seeds. In search of strategies to enhance tolerance to this condition, products that act on the physiological potential of seeds have been developed. Thus, this study aimed to evaluate the germination and vigor of corn seeds (cultivar FS 575 PWU) treated with bioactive substances—the biostimulants Stimulate[®] and Fisoroot[®] under water stress conditions. A completely randomized experimental design was used in a 2 x 4 factorial scheme (biostimulants x osmotic potential levels). To simulate water stress, the seeds were sown in paper towel rolls moistened with potassium chloride (KCl) solutions at four osmotic potential levels: 0.0 (control), -0.3, -0.6, and -0.9 MPa. The physiological quality of the seeds was assessed through the following tests: Standard Germination, First Germination Count, Shoot Length, Primary Root Length, and Seedling Dry Biomass. The biostimulants Fisoroot[®] and Stimulate[®] had similar effects on the physiological quality of seeds under stress. The use of Stimulate[®] benefited shoot length, root length, and dry biomass

weight of the FS 575 PWU variety seeds under a water stress condition of -0.3 MPa.

Keywords: germination; seedling growth; water deficit; *Zea mays* L.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é produzido em larga escala no Brasil, destacando-se no agronegócio. Considerada a terceira cultura de cereal mais importante do mundo é destinada tanto para a produção de ração quanto como alimento. Por meio de dados do IBGE (2025), no Brasil, espera-se 25 milhões de toneladas produzidas na primeira safra e 95,5 milhões de toneladas produzidas na segunda, mostrando um aumento percentual em relação ao ano anterior.

A produção brasileira de milho está majoritariamente concentrada nas regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste. Os quatro principais estados produtores – Paraná, Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais – respondem juntos por mais da metade da produção nacional. Em todas as regiões citadas, é observado um grande aumento da produtividade do milho, incentivando, assim, maiores investimentos (Coelho, 2021).

Não é de hoje que se sabe que o clima influencia no estabelecimento e crescimento das plantas e na sua produção final. Tratando-se do milho, pode-se dizer que ele é sensível às condições ambientais, pois precisa ser cultivado em clima quente, porém com chuvas durante seu ciclo, principalmente nos estádios reprodutivo, especialmente nas fases de florescimento e enchimento de grãos. Por outro lado, em ambientes com baixa precipitação e temperaturas elevadas durante o verão, sua produtividade tende a ser significativamente reduzida (Artuzo, 2019).

No processo de germinação, a água é essencial, pois participa direta e indiretamente em todas as etapas do metabolismo germinativo: amolece o tegumento, facilita a entrada de oxigênio, aumenta o volume do embrião e dos tecidos de reserva e ativa o metabolismo para o crescimento do eixo embrionário. Em contrapartida, as sementes precisam atingir um teor mínimo de umidade, variável entre espécies, o que demora mais em solos com baixo potencial hídrico (Guedes, *et. al*, 2013).

O estresse causado pelo déficit hídrico logo após a semeadura é um dos principais fatores que reduzem a produtividade e a qualidade dos grãos de milho. Diante disso, a busca por estratégias que minimizem os efeitos negativos da falta de água tem impulsionado o desenvolvimento de produtos que atuam no potencial fisiológico das sementes. Tais produtos, denominados bioestimulantes ou biorreguladores, visam aumentar a absorção de água e nutrientes, promovendo maior tolerância ao estresse hídrico (Cavalcante, 2020).

Os bioestimulantes são alternativas que auxiliam as plantas na superação de estresses bióticos

e abióticos pois atuam como incremento hormonal e nutricional, além de ser estratégia promissora na agricultura, tornando-se ferramenta essencial para elevadas produções (Oliveira, 2016; Silva, 2023).

Bioestimulantes são denominadas “substâncias naturais ou sintéticas, oriundas da mistura de dois ou mais biorreguladores vegetais ou destes com outras substâncias, como nutrientes, aminoácidos ou vitaminas, que podem ser aplicados diretamente sobre as plantas ou associados ao tratamento de semente” (Pereira; Simonetti, 2021, p. 2).

Tais compostos atuam como agentes promotores do desenvolvimento vegetal, estimulando processos metabólicos essenciais para o crescimento das plantas. Eles influenciam diretamente o metabolismo proteico, elevando a produção de enzimas-chave que regulam etapas como germinação, formação de raízes, floração e frutificação, além de retardar a senescência. Além disso, esses compostos facilitam a mobilização de reservas nutricionais presentes nas sementes, acelerando sua conversão em energia. Outro efeito significativo é a modulação de processos celulares, incluindo divisão, diferenciação e alongamento das células, o que contribui para o pleno desenvolvimento da planta e a expressão de seu potencial genético (Pereira, Simonetti, 2021).

Observa-se, então, que na agricultura moderna, os bioestimulantes, empregados no tratamento de sementes, são compostos por microrganismos e/ou substâncias organominerais, visando estimular o desenvolvimento vegetal. Produtos à base de substâncias húmicas atuam diretamente na fisiologia das plantas, com destaque para o sistema radicular. Além disso, o que aumenta a biomassa e otimiza a aquisição de nutrientes são as formulações que contêm aminoácidos (Gonzaga *et al.*, 2023).

Pesquisas sobre o uso de bioestimulantes no milho têm mostrado efeitos positivos no estágio inicial de desenvolvimento da cultura. Em um estudo realizado por Buchelt *et al.* (2019), foram avaliados os biorreguladores ProGibb 400® e Stimulate®, analisando sua influência na germinação e no crescimento inicial das plantas. Os resultados demonstraram que esses produtos promoveram um aumento significativo no comprimento da parte aérea e na massa seca das plântulas, indicando um estímulo ao desenvolvimento precoce da cultura (Silva, 2023).

Estudos recentes têm demonstrado os benefícios do uso de bioestimulantes na cultura do milho, tanto em relação aos aspectos agrônômicos quanto econômicos. Francischini *et al.* (2018), ao analisarem a eficiência desses produtos na presença e ausência de fungicidas, verificaram que houve um aumento significativo no peso de espigas verdes mesmo sem a aplicação de fungicidas, indicando o potencial desses bioestimulantes para melhorar o desempenho da cultura (Silva, 2023).

Por outro lado, Tejada *et al.* (2018) também encontraram resultados positivos ao avaliarem o efeito da adubação foliar com bioestimulantes na produtividade do milho. Os pesquisadores observaram que o tratamento proporcionou uma melhoria na nutrição das plantas, refletindo em maior rendimento e melhor qualidade dos grãos, o que, consequentemente, elevou a produtividade da

lavoura (Silva, 2023).

Esses estudos reforçam a viabilidade do uso de bioestimulantes como uma estratégia eficiente para otimizar o cultivo do milho, seja para produção de espigas verdes ou grãos, destacando seu papel no fortalecimento nutricional e no incremento da produtividade.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a germinação e vigor de sementes de milho cultivar FS 575 PWU, submetidas ao tratamento com substâncias bioativas: os bioestimulantes Stimulate® e Fisioroot®, de acordo com a dose recomendada, em situação de estresse hídrico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Considerado um dos cereais mais produzidos mundialmente, principalmente no Brasil, o milho (*Zea mays* L.), pertencente à família das Gramíneas, tem grande importância no mercado de agronegócio, sendo destinado para alimentação humana, animal e na geração de combustível. Além disso, ele faz parte da base alimentícia, superando o trigo e o arroz, sendo, assim, a terceira cultura de cereais mais importante do mundo (Silva, 2023); (Pereira, Simonetti, 2021).

De acordo com dados atualizados do site Agro Sustentar (2025), a safra de milho de 2024/25 foi de 1,21 bilhão de toneladas no mundo. Quando se fala em ranking de produção, os Estados Unidos lideram com 377,6 milhões de toneladas produzidas no ano anterior, correspondentes a 31% do total mundial. A China ocupa a segunda posição, com a colheita de 294,9 milhões de toneladas, fazendo parte de 24% da produção. Já o Brasil, sendo o terceiro maior produtor de milho mundialmente, produziu 126 milhões de toneladas, o que corresponde a 10% no ranking.

Tratando-se da lavoura de milho, é importante que a semente utilizada seja de boa qualidade, uma vez que “sementes de baixa qualidade, com germinação e vigor reduzidos, originam lavouras com população inadequada de plantas, implicando em instabilidade e prejuízo econômico para o produtor” (Amaro *et. al*, 2023, p. 2). Dessa forma, investir em materiais de origem confiável é fundamental para garantir lavouras uniformes, saudáveis e produtivas.

De acordo com Amaro (*et. al*, 2023, p. 2), tem -se que:

Vários fatores afetam o desempenho das culturas em condições de campo, tais como o clima, tipos de solo, adubações equilibradas, o manejo da cultura, a disponibilidade adequada de água no solo, a qualidade das sementes utilizadas para semeadura e, recentemente, o uso de produtos para a incorporação de aditivos às sementes.

A germinação das sementes nem sempre ocorre em condições ideais, especialmente em solos com alta salinidade, excesso de sódio ou escassez de água, características comuns em áreas áridas e

semiáridas. Diante disso, é fundamental compreender os processos que permitem certas espécies germinarem mesmo sob estresse hídrico, garantindo-lhes uma vantagem competitiva em ambientes adversos, ao contrário daquelas mais sensíveis à seca (Guedes, *et. al*, 2013).

Logo, o processo de germinação é fortemente dependente da disponibilidade hídrica, que atua como principal gatilho metabólico. Quando a semente absorve água, ocorre a reidratação progressiva de seus tecidos, desencadeando uma série de transformações fisiológicas essenciais. Esse mecanismo promove a ativação do sistema respiratório e o incremento das atividades metabólicas, gerando a energia e os compostos necessários para o desenvolvimento do embrião (Moterle *et. al*, 2006).

Em contrapartida, quando submetidas a potenciais hídricos extremamente baixos, particularmente durante a fase crítica de embebição inicial, as sementes podem ter seu processo de absorção de água comprometido. Essa limitação hídrica interfere diretamente na sequência de eventos bioquímicos, podendo impedir completamente o desencadeamento do processo germinativo (Moterle *et. al*, 2006).

Sendo assim, em laboratório, a criação de condições controladas de déficit hídrico é comumente obtida através da utilização de soluções osmóticas com diferentes potenciais hídricos. O cloreto de potássio (KCl), por exemplo, desempenha um papel fundamental na qualidade da produção do milho, afetando diretamente dois componentes-chave do rendimento: o peso individual dos grãos e a quantidade de grãos por espiga. Entre os nutrientes essenciais, o potássio só perde para o nitrogênio (N) em termos de quantidade absorvida pela cultura (Rodrigues, 2014).

Estudos demonstram que aproximadamente 30% do potássio absorvido é removido do sistema através dos grãos colhidos. Quando são aplicadas doses crescentes de K_2O no solo, observa-se uma elevação proporcional na concentração de íons K^+ na solução que percola o perfil do solo (Rodrigues, 2014).

Esses fatos destacam a importância de um manejo adequado da adubação potássica, que deve visar não apenas a otimização da produtividade, mas também a prevenção de perdas econômicas e a conservação da fertilidade do solo a longo prazo. Uma gestão equilibrada desse nutriente é crucial para evitar a depleção dos teores de potássio nas áreas cultivadas (Rodrigues, 2014)

A temperatura é um fator determinante no processo de germinação das sementes, afetando tanto a taxa de sucesso quanto a velocidade com que ele ocorre. Ela exerce influência direta na absorção de água e regula a intensidade e o ritmo das reações bioquímicas envolvidas. Além disso, interfere nos mecanismos fisiológicos essenciais que controlam a germinação como um todo (Guedes *et. al*, 2013).

A fim de melhorar o processo de germinação das sementes, a adoção de novas tecnologias inovadoras tem se mostrado fundamental. Dentre as estratégias mais promissoras, destaca-se a aplicação de bioestimulantes, que representam uma alternativa eficaz para potencializar o desempenho produtivo. Esses compostos, incorporados aos sistemas de cultivo modernos, atuam como ferramentas agronômicas capazes de elevar significativamente os padrões de qualidade e o rendimento final das sementes (Carmo, *et. al.*, 2021).

Os bioestimulantes emergem como ferramentas biotecnológicas estratégicas na agricultura contemporânea, atuando em múltiplos níveis fisiológicos vegetais. Sua relevância agronômica manifesta-se através de três mecanismos principais: a) modulação dos processos metabólicos essenciais ao desenvolvimento vegetal; b) incremento quantitativo e qualitativo da produção agrícola; e c) atenuação dos efeitos deletérios decorrentes de estresses ambientais. Essa capacidade multifatorial confere aos bioestimulantes um papel transformador nos sistemas produtivos, promovendo simultaneamente a intensificação sustentável e a resiliência das culturas frente a adversidades edafoclimáticas (Silva *et. al.*, 2023).

Os bioestimulantes são formulados a partir de um ou mais compostos químicos, como aminoácidos, nutrientes e vitaminas, que atuam como reguladores do crescimento vegetal. Essas substâncias, naturais ou sintéticas, podem ser aplicadas diretamente nas plantas ou usadas no tratamento de sementes, visando modificar seus processos fisiológicos para melhorar a produtividade e a qualidade. Entre seus efeitos, destacam-se a otimização do potencial genético das culturas, o equilíbrio hormonal e o estímulo ao crescimento das raízes. Quando aplicados externamente, os bioestimulantes imitam a ação de hormônios vegetais, como auxinas, giberelinas e citocininas, que são amplamente utilizados na agricultura para fins exógenos (Carmo *et. al.*, 2021).

Na agricultura moderna, os bioestimulantes utilizados no tratamento de sementes contêm compostos organominerais e/ou microrganismos que promovem o crescimento das plantas. Entre esses produtos, os que possuem substâncias húmicas atuam diretamente na fisiologia vegetal, com ênfase no desenvolvimento radicular. Por outro lado, formulações à base de aminoácidos influenciam a sinalização celular, facilitando a absorção de nutrientes e estimulando o acúmulo de biomassa (Gonzaga *et. al.*, 2023).

Os bioestimulantes surgem como alternativa promissora para mitigar os efeitos do estresse hídrico na cultura do milho, cuja produtividade é significativamente comprometida pela escassez hídrica. A crescente variabilidade climática tem impactado diretamente o desenvolvimento da cultura, resultando em: redução na produção de sementes, comprometimento do enchimento dos grãos e na queda generalizada na produtividade (Carmo, *et. al.*, 2021).

Levando em consideração que a água se apresenta como um dos mais importantes elementos

na vegetação, o uso de bioestimulantes no tratamento do estresse hídrico tornou-se fundamental, a fim de se obter o máximo desempenho das sementes e no estabelecimento de plântulas. Assim, é imprescindível pesquisas que compreendam as respostas fisiológicas das plantas com o uso de tecnologias, como o bioestimulante, no tratamento das sementes (Amaro *et. al*, 2023).

Desse modo, a presente pesquisa objetivou avaliar a germinação e vigor de sementes de milho cultivar FS 575 PWU, submetidas ao tratamento com substâncias bioativas: os biorreguladores Stimulate® e Fisioroot®, de acordo com a dose recomendada, em situação de estresse hídrico, a fim de verificar o efeito no tratamento da semente.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Sementes, da Faculdade UMFG, localizado no município de Cianorte, Estado do Paraná. Foram testadas as sementes do híbrido de milho FS 575 PWU, da safra de 2023/23. As sementes utilizadas foram tratadas com o fungicida Maxim Advanced®, o qual tem, em sua formulação, Tiabendazol 150g L⁻¹, Fludioxonil 25 g L⁻¹ e Metalaxil- aM 20 g L⁻¹ e, também, com o inseticida PONCHO, que é composto por Clotianidina 600 g/L.

As sementes do híbrido foram divididas em dois lotes distintos e submetidas ao tratamento com dois bioestimulantes Stimulate®, na dose de 12 mL Kg⁻¹ de sementes e Fisioroot®, na dose de 3 mL Kg⁻¹ de sementes. O biorregulador Stimulate® da STOLLER é composto por Cinetina 0,09 g L⁻¹, Ácido giberélico 0,05 g L⁻¹, Ácido 4-indol-3-ilbutírico 0,05 g L⁻¹ (STOLLER DO BRASIL, 2025).

O Fisioroot®, da VIGRAN, é registrado como Fertilizante Mineral Misto e tem, em sua formulação, precursores hormonais, macro e micronutrientes combinados com extratos vegetais hidrolisados N 39,90 g L⁻¹, P2O5 sol em H₂O 133,00 g L⁻¹, Co sol em H₂O 3,99 g L⁻¹, Mo sol em H₂O 39,90 g L⁻¹, B sol em H₂O 15,95 g L⁻¹, Zn sol em H₂O 13,30, Ni sol em H₂O 3,99 g L⁻¹, combinados com extratos de macroalgas hidrolisados (Kappaphycus alvarezii e Ascophyllum nodosum) (Vigran Fertil, 2025).

Em seguida, os papéis germitest foram umedecidos em uma solução contendo potenciais osmóticos de 0 (somente água destilada); -0,0; -0,3; -0,6; -0,9 Pa, induzidos pela aplicação de KCl, em concentrações de 0,0; 5,017; 10,036; 15,054; L-1 de água destilada, respectivamente. O potencial osmótico zero foi utilizado como controle. As concentrações de KCl foram obtidas a partir da equação de Van't Hoffm citada por Salisbury e Ross (1992).

Após tratadas, as sementes foram submetidas a testes para avaliação do potencial fisiológico, os quais foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×4 (biorreguladores x nível de potencial osmótico).

Os testes utilizados nas avaliações do potencial fisiológico foram: Teste Padrão de Germinação, primeira contagem da Germinação, Comprimento de Parte Aérea, Comprimento da Raiz Primária e Biomassa Seca das Plântulas.

Teste de Germinação – foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, semeadas em rolos de papel germitest, umedecidos 2,5 vezes o peso do papel seco e mantidos em germinador regulado a 25°C. As avaliações foram realizadas aos quatro e sete dias após o início do teste (Brasil, 2009).

Comprimento de plântulas: foram utilizadas cinco repetições de 20 sementes. As sementes foram colocadas para germinar na temperatura de 25°C, utilizando-se, como substrato, rolos de papel germitest, umedecidos 2,5 vezes o peso do papel seco. As avaliações foram realizadas aos sete dias após a semeadura (Nakagawa 1999), medindo-se o comprimento (parte aérea e raiz) em todas as 20 plântulas do teste.

Massa de matéria seca de plântulas: as 20 plântulas avaliadas no comprimento de plântulas foram separadas, com o auxílio de um bisturi, a fim de separar apenas a parte aérea e raiz do restante da estrutura. Em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa, com circulação de ar, a 80°C, durante 24 horas. Após esse período, as amostras foram retiradas da estufa, pesadas, determinando-se a massa de matéria seca total das plântulas, sendo os resultados expressos em mg plântula (Nakagawa, 1999).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias do fator biorregulador foram comparadas pelo teste F, a 5% de probabilidade. O comportamento das variáveis, em função dos níveis de potencial osmótico, para cada biorregulador, foi analisado por regressão polinomial. As análises foram realizadas por meio do software Sistema de Análise de Variância - SISVAR (Ferreira, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 estão demonstradas as médias da porcentagem de germinação na primeira contagem e na contagem final, comprimento da parte aérea, comprimento da raiz e biomassa seca de plântulas submetidas aos bioestimulantes, em diferentes níveis de estresse hídrico, obtidos por níveis de potencial osmótico.

Tabela 1 - Resultados médios da porcentagem de plântulas normais na primeira contagem e contagem final do teste de germinação, do comprimento da parte aérea e raiz primária das plântulas e da biomassa seca das plântulas, submetidas a três níveis de potencial osmótico em solução de KCl.

Bioestimulante	Potencial Osmótico (MPa)			
	0	-0,3	-0,6	-0,9
Primeira contagem da germinação (%)				
Stimulate®	52,0 a	15,0 a	0,0 a	0,0 a
Fisioroot®	57,5 a	19,5 a	0,0 a	0,0 a
Germinação (%)				
Stimulate®	96 a	96 a	87 a	82,5 a
Fisioroot®	96 a	93,5 a	88 a	86 a
Comprimento da raiz primária (cm)				
Stimulate®	20,20 a	20,30 a	15,37 a	10,89 a
Fisioroot®	20,31 a	18,31 b	14,34 a	9,73 a
Comprimento parte aérea (cm)				
Stimulate®	13,46 a	10,37 a	6,27 a	3,82 a
Fisioroot®	13,16 a	8,92 b	5,44 a	3,51 a
Biomassa seca das plântulas (g)				
Stimulate®	0,076500 a	0,065620 a	0,047120 a	0,032500 a
Fisioroot®	0,076330 a	0,058040 b	0,045000 a	0,031600 a

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2025.

Embora não tenham ocorrido diferenças significativas na primeira contagem de germinação e na germinação final entre Stimulate® e Fisioroot®, o Stimulate® possibilitou desempenho superior em condições moderadas de estresse (-0,3 MPa), especialmente nas variáveis de comprimento de raiz, parte aérea e biomassa seca. Esses resultados estão de acordo com os achados de Buchelt *et al.* (2019) e Carmo *et al.* (2021), que também identificaram um efeito positivo dos bioestimulantes no desenvolvimento inicial do milho, mesmo sob estresse abiótico.

A composição do Stimulate®, que inclui hormônios vegetais como citocinina, ácido giberélico e ácido indolbutírico, pode explicar esse melhor desempenho, já que esses compostos ajudam a modular o crescimento e a expressão do potencial genético da planta (Pereira; Simonetti, 2021).

Por outro lado, o Fisioroot® – que possui uma formulação rica em macro e micronutrientes e

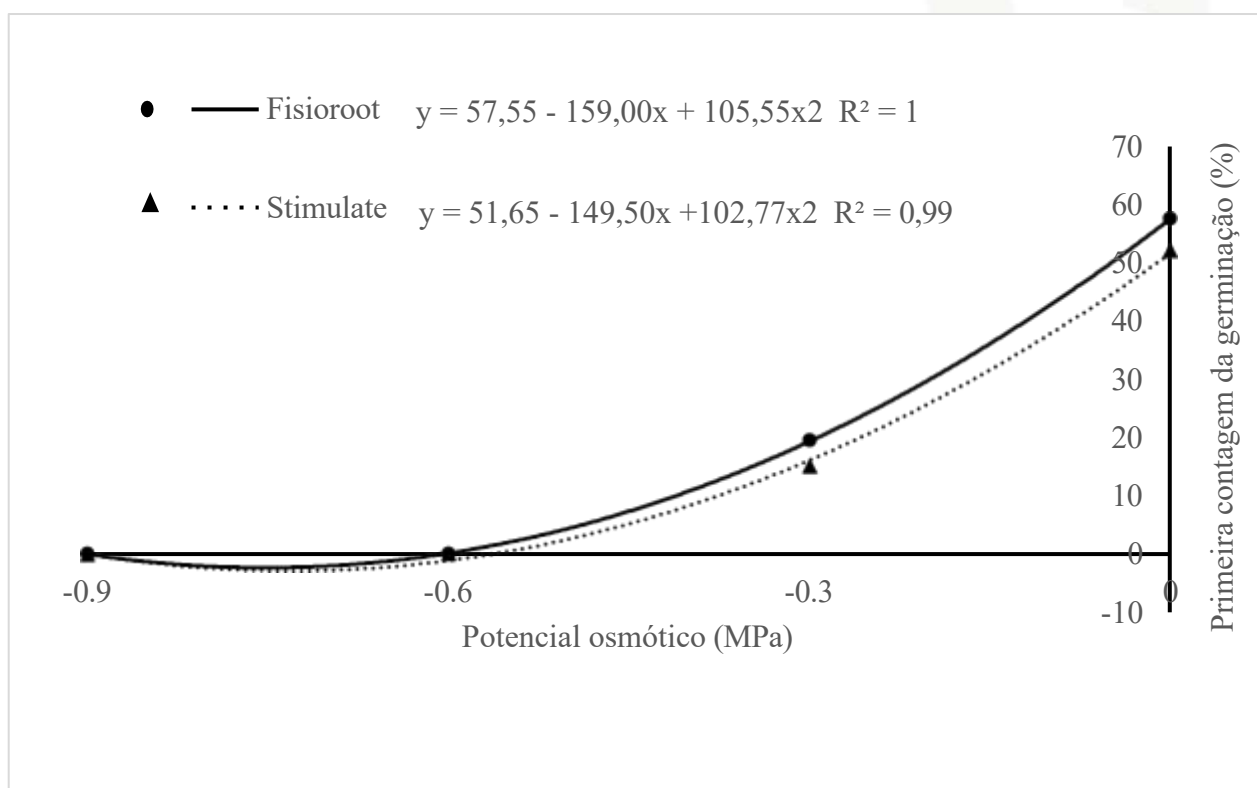
extratos vegetais – apresentou desempenho inferior no crescimento das plântulas. Essa diferença destaca a importância de escolher bioestimulantes que atendam às necessidades fisiológicas da cultura e às condições do ambiente, como discutido por Gonzaga *et al.* (2023).

No potencial osmótico moderado de -0,3 MPa, o Stimulate® conseguiu manter melhor o crescimento das raízes e da parte aérea, em comparação com o Fisioroot®. Isso sugere que a presença de fitormônios no Stimulate® (cinetina, ácido giberélico e ácido indolbutírico) favoreceu o alongamento e a divisão celular, estimulando o crescimento, mesmo em condições de estresse moderado. Essa observação corrobora com Carmo *et al.* (2021) e Pereira e Simonetti (2021), os quais destacaram o papel dos bioestimulantes hormonais em promover o crescimento radicular e da parte aérea em situações adversas.

A biomassa seca também seguiu essa tendência de queda à medida que o estresse hídrico aumentou. Sem estresse, a biomassa seca média foi de cerca de 0,076 g por plântula, para ambos os bioestimulantes. Em -0,3 MPa, o Stimulate® manteve uma média de 0,065 g/plântula, enquanto o Fisioroot® caiu para 0,058 g/plântula. Essa diferença, embora pequena, é significativa, pois mostra que o Stimulate® consegue modular positivamente o metabolismo das plântulas, ajudando na produção de biomassa, mesmo em condições moderadas de estresse. Buchelt *et al.* (2019) também encontraram resultados semelhantes, confirmando que o Stimulate® pode estimular a produção de massa vegetal.

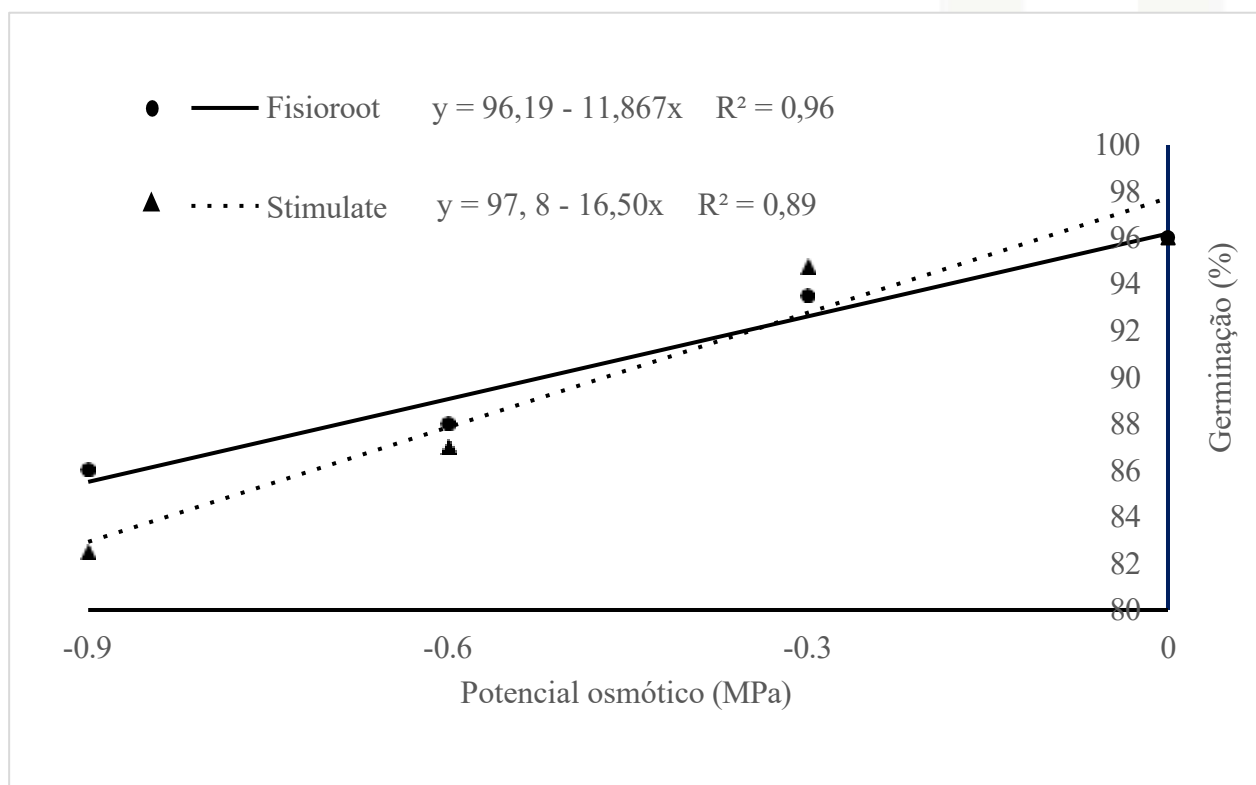
O comportamento das variáveis, em função dos níveis de potencial osmótico de KCl, para cada tratamento com bioestimulante, foi avaliado por meio de análise de regressão (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5).

Figura 1- Porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação das sementes tratadas com bioestimulantes, submetidas a cinco níveis de potencial osmótico em solução de KCl.



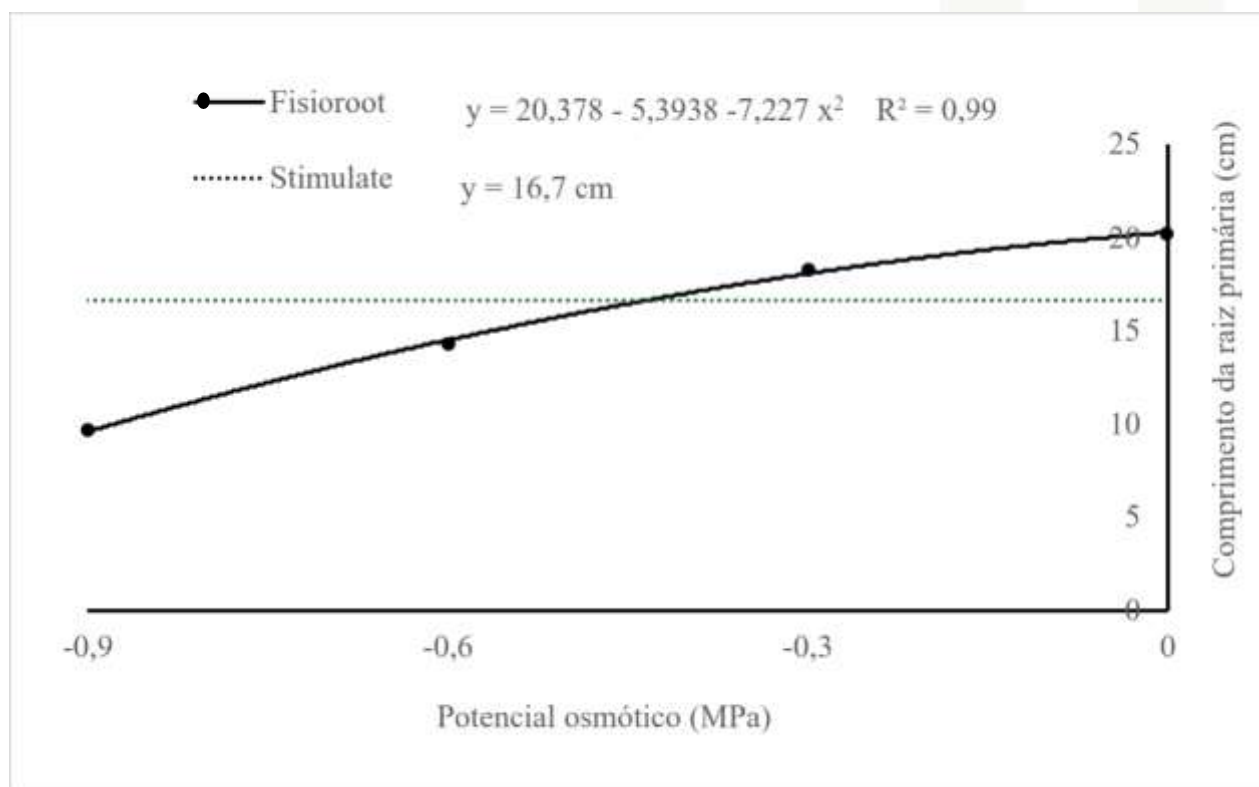
Fonte: Autor, 2025.

Figura 2 - Germinação final de sementes de milho tratadas com bioestimulantes sob diferentes potenciais osmóticos.



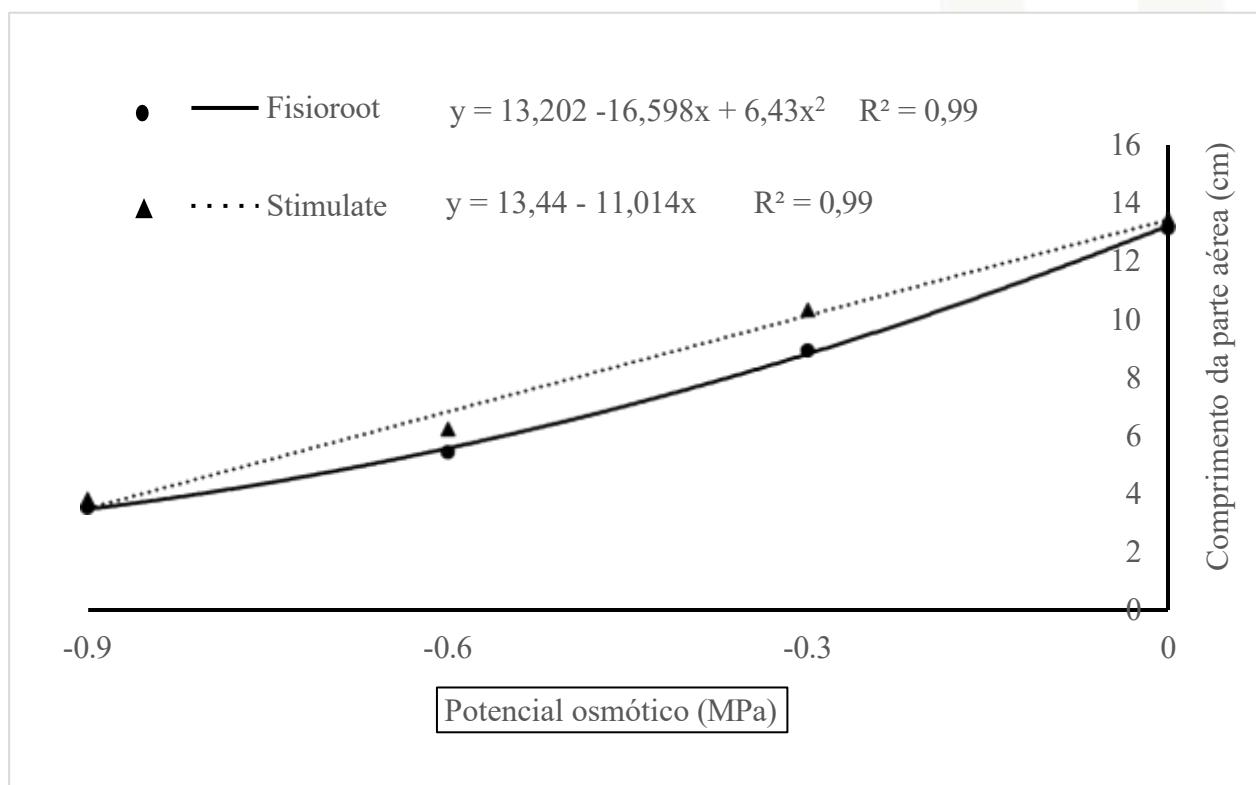
Fonte: Autor, 2025.

Figura 3 - Comprimento da parte aérea de plântulas de milho tratadas com bioestimulantes sob diferentes potenciais osmóticos.



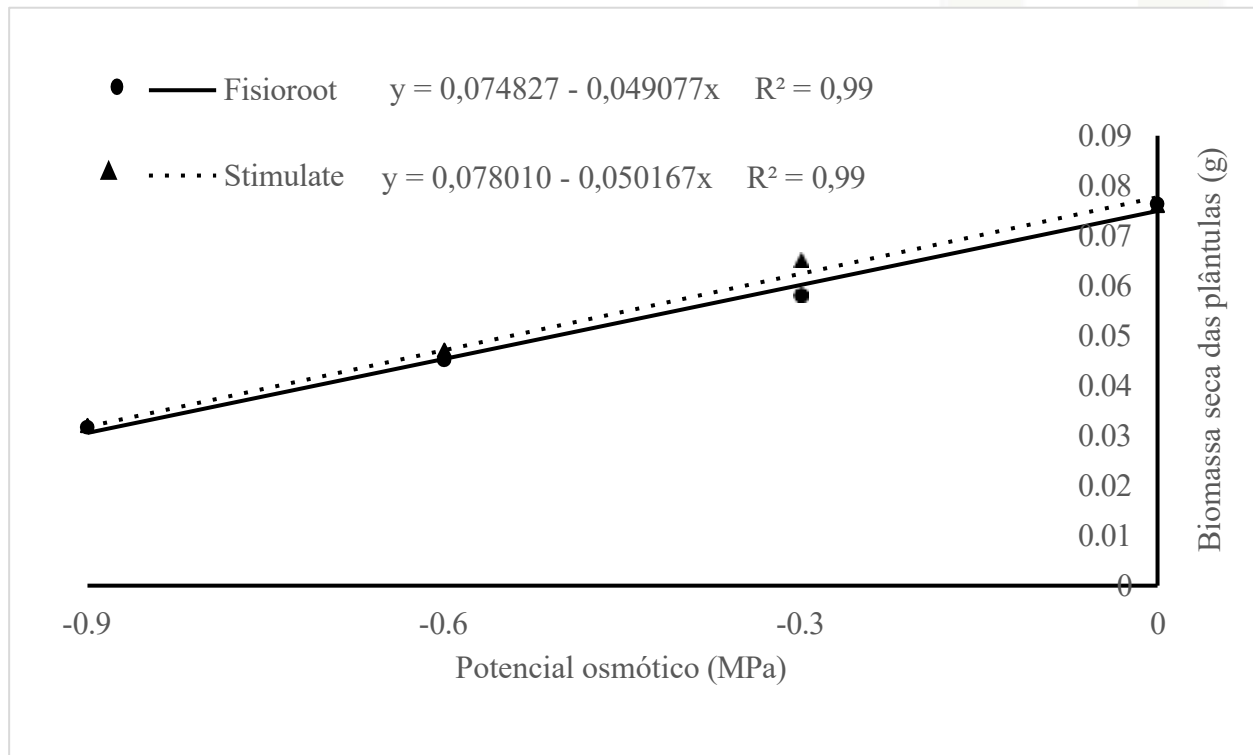
Fonte: Autor, 2025.

Figura 4 - Comprimento da raiz primária de plântulas de milho tratadas com bioestimulantes sob diferentes potenciais osmóticos.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 5 - Biomassa seca de plântulas de milho tratadas com bioestimulantes sob diferentes potenciais osmóticos.



Fonte: Autor, 2025.

Para os resultados da porcentagem de plântulas normais, na primeira contagem, foi possível o ajuste de regressões quadráticas, em que a germinação das plântulas foi totalmente inibida, a partir do potencial -0,6MPa (Figura 1). Nota-se que, embora houve redução nessa característica, com a aplicação de ambos os bioestimulantes, em média o Fisioroot® apresentou comportamento médio superior.

Quanto à germinação das sementes (Figura 2), houve redução na porcentagem de plântulas normais de maneira linear para os dois bioestimulantes, com o decréscimo nos níveis de potencial osmótico de KCl. Observou-se, nos maiores potenciais, superioridade para o tratamento com Stimulate®, no entanto, com o aumento do estresse hídrico, pelo uso do KCl, o Fisiorrot possibilitou, em média, maior porcentagem de germinação.

Para a variável comprimento, em relação a raiz primária, não foi possível o ajuste de equação com o uso de Stimulate®. Em contrapartida, ao se aplicar Fisiorrot nas sementes, e com o decréscimo dos níveis de potencial osmótico, houve redução no crescimento das raízes, com o ajuste de equação quadrática.

Por outro lado, para as variáveis comprimento da parte aérea e biomassa seca da raiz primária

houve melhores resultados, em média, para o Stimulate®. Para tais características, foi possível o ajuste de equações lineares decrescentes em função do potencial osmótico, com exceção da utilização do Stimulate® no comprimento da parte aérea das plântulas, cujo resultado foi o ajuste de equação quadrática.

Verificou-se que a curva de germinação final se manteve elevada até o potencial osmótico de -0,3 MPa, apresentando queda significativa apenas nos potenciais de -0,6 e -0,9 MPa (Figura 2), o que indica maior resiliência das sementes até níveis moderados de estresse hídrico (Guedes *et al.*, 2013; Moterle *et al.*, 2006).

Já a variável comprimento de parte aérea (Figura 3) apresentou uma redução progressiva, desde o início do estresse, evidenciando maior sensibilidade dessa característica ao déficit hídrico (Buchelt *et al.*, 2019; Carmo *et al.*, 2021). As análises gráficas do comprimento da raiz primária (Figura 4) e da biomassa seca (Figura 5) confirmaram esse padrão decrescente, porém a biomassa seca apresentou maior estabilidade nos potenciais de -0,3 e -0,6 MPa, sugerindo que a alocação de massa seca nas plântulas pode ser menos sensível, inicialmente, ao estresse moderado (Gonzaga *et al.*, 2023; Pereira; Simonetti, 2021).

Assim, esses dados reforçam a necessidade de uma análise detalhada das variáveis para determinar a tolerância fisiológica das sementes e orientar o uso de bioestimulantes de forma mais eficaz no manejo agrícola.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os bioestimulantes Stimulate® e Fisoroot® tiveram efeitos semelhantes na qualidade fisiológica das sementes submetidas ao estresse.

O uso do bioestimulante Stimulate® afetou positivamente o comprimento da parte aérea, comprimento da raiz e peso da biomassa seca de sementes de milho da variedade FS 575 PWU na condição de estresse hídrico salino -0,3 Mpa.

AGRADECIMENTOS ou FINANCIAMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder força, sabedoria e perseverança ao longo desta jornada. Sem Sua presença constante em minha vida, esta conquista não seria possível.

Agradeço imensamente a minha família, pelo amor incondicional, apoio nos momentos difíceis e por sempre acreditarem no meu potencial. Vocês foram meu alicerce em cada etapa desta caminhada.

Aos meus amigos, que com palavras de incentivo, escuta atenta e companheirismo tornaram esse percurso mais leve e especial. A vocês, deixo minha gratidão sincera.

À minha orientadora, que com paciência, dedicação e conhecimento foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, agradeço por cada orientação e aprendizado compartilhado.

Ao coordenador do curso, pela gestão comprometida e pelo apoio aos alunos ao longo da graduação, e a todos os professores que contribuíram com seus ensinamentos e experiências, deixo meu reconhecimento e profundo agradecimento. Cada um foi essencial para a minha formação pessoal e profissional.

Muito obrigado a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta conquista.

REFERÊNCIAS

AGRO SUSTENTAR. **Maiores produtores de milho no Brasil e no mundo**. 2025. Disponível em: <https://agrosustentar.com.br/agronegocio/maiores-produtores-milho/#:~:text=Os%20Estados%20Unidos%20s%C3%A3o%20os,a%2031%25%20do%20total%20mundial>. Acesso em: 10 abr. 2025.

AMARO, Hugo Tiago Ribeiro et al. Tratamento de sementes com bioestimulante e disponibilidade hídrica no desenvolvimento inicial do milho. **Magistra**, v. 33, n. 2023) Volume contínuo, 2023.

ARTUZO, Felipe Dalzotto et al. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019.

BRASIL. Regras de Análise de Sementes. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise___sementes.pdf. Acesso em: 13 abr. 2025.

BUCHELT, Antonio Carlos et al. Aplicação de bioestimulantes e *Bacillus subtilis* na germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 4, p. 69-74, 2019.

CAVALCANTE, Wendson Soares da Silva et al. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020.

CARMO, Márcio Antônio Pereira do et al. **Bioestimulantes aplicados em sementes e plantas de milho doces sob condições de estresse abiótico**. 2021.

COÊLHO, Jackson Dantas. **Milho: produção e mercados**. 2021.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FRANCISCHINI, Ricardo *et al.* Eficiência de bioestimulantes e fungicida nos caracteres

agronômicos e econômicos na cultura do milho verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 2, p. 274-286, 2018.

GONZAGA, Benedito Alves *et al.* Tratamento de sementes de milho com bioestimulante. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 3, p. 46-53, 2023.

GUEDES, Roberta Sales et al. Germinação e vigor de sementes de Apeiba tibourbou submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 45-53, 2013.

IBGE. **IBGE prevê safra de 322,6 milhões de toneladas para 2025, com crescimento de 10,2% frente a 2024**. Agência de Notícias. 2025. Disponível em: [https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/42436-ibge-preve-safra-de-322-6-milhoes-de-toneladas-para-2025-com-crescimento-de-10-2-frente-a-2024#:~:text=MILHO%20\(em%20gr%C3%A3o\)%20%E2%80%93%20A,6%25%20na%20estimativa%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/42436-ibge-preve-safra-de-322-6-milhoes-de-toneladas-para-2025-com-crescimento-de-10-2-frente-a-2024#:~:text=MILHO%20(em%20gr%C3%A3o)%20%E2%80%93%20A,6%25%20na%20estimativa%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o). Acesso em: 27 fev. 2025.

MOTERLE, Lia Mara et al. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 169-176, 2006.

NAKAGAWA, João et al. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. **Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES**, v. 1, n. 1, p. 2.1-2.24, 1999.

OLIVEIRA, Francisco de Assis de et al. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 307-315, 2016.

PEREIRA, Vinicius Leonardo Defazio; SIMONETTI, Ana Paula Morais Mourão. Uso de Bioestimulantes associado ao tratamento de semente de milho (*Zea mays* L.). **Revista Cultivando o Saber**, v. 14, p. 186-192, 2021.

RODRIGUES, Mateus A. de C. et al. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 127-133, 2014.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4. ed. Belmont: Wadsworth, 1992.

SILVA, João Henrique Barbosa da et al. Uso de bioestimulantes na cultura do milho (*Zea mays* L.): Uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 5, 2023.

STOLLER. **Bula Stimulate**. 2025. Disponível em: <https://www.stoller.com.br/produtos/fisiologicos/stimulate/bula-stimulate/>. Acesso em: 13 abr. 2025.

TEJADA, Manuel et al. Effects of foliar fertilization of a biostimulant obtained from chicken feathers on maize yield. **European Journal of Agronomy**, v. 96, p. 54-59, 2018.

VIGRAN FERTIL. **Vigran Fertil**. 2025. Disponível em: <https://vigranfertil.com/>. Acesso em: 13 abr. 2025.