



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

JULIANO ALVES DA CRUZ

APLICAÇÃO DE AMINOÁCIDO E EXTRATO DE ALGA EM MILHO

GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

JULIANO ALVES DA CRUZ

APLICAÇÃO DE AMINOÁCIDO E EXTRATO DE ALGA EM MILHO

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de Mestre Profissional.

GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2024

Catálogo: Roberta Pinheiro Ferraz - CRB-5/1596, IF Baiano,
Campus Guanambi

C957a Cruz, Juliano Alves da

Aplicação de aminoácido e extrato de alga em milho. /
Juliano Alves da Cruz.– Guanambi, Ba., 2024.
31f.: il.

Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal
no Semiárido) – Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Baiano, Campus Guanambi.

Orientador: Alessandro de Magalhães Arantes.

1. Milho. 2. Fisiologia. 3. Bioestimulante. 4. Ácido
glutâmico. I. Título.

CDU: 633.15



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO

Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido

TERMO DE APROVAÇÃO NO TRABALHO DE
CURSO

CONCLUSÃO DE

APLICAÇÃO DE AMINOÁCIDO E EXTRATO DE ALGA EM MILHO

Por

Juliano Alves da Cruz

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado às 08:00 do dia 24 de setembro de 2024 como requisito para a conclusão do curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - *Campus* Guanambi. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora, composta pelos professores/pesquisadores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o Trabalho APROVADO.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alessandro de Magalhães Arantes - Presidente; Prof. Dr. Pedro Ricardo Rocha Marques - Titular;
Prof^a. Dr^a. Felizarda Viana Bebé - Titular; Prof^a. Dr^a. Joice Andrade Bonfim - Titular

Documento assinado eletronicamente por:

- **Pedro Ricardo Rocha Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 29/10/2024 08:33:17.
- **Joice Andrade Bonfim, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 28/10/2024 08:34:04.
- **Felizarda Viana Bebe, COORDENADOR(A) - FG2 - GBI-COPES**, em 28/10/2024 07:54:02.
- **Alessandro de Magalhaes Arantes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 26/10/2024 09:20:18.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/10/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 623185
Verificador: fdca2c3581
**Código de
Autenticação:**



DEDICATÓRIA

Dedico a minha esposa, Tamires Silva Barbosa pelo apoio e todo incentivo, a meus pais e amigos que participaram desse processo de construção de aprendizado e a todos os professores envolvidos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proporcionar Saúde, Sabedoria e Determinação.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, pela acolhida e apoio na realização da pesquisa e aos servidores e prestadores de serviço, sempre muito prestativos e eficientes.

Ao orientador, professor Dr. Alessandro de Magalhães Arantes, exímio profissional, ético, paciente, correto! Suas valiosas contribuições foram cruciais para a integralização deste trabalho. Gratidão!

Aos professores Dr. João Abel da Silva, Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato, exemplos de profissionalismo e dedicação.

Aos professores que integraram a banca examinadora da defesa.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Estrutura física do milho (PORTAL R2S) | 11 |
| Figura 2 - Adaptado da Universidade do Kansas (Fases do milho) | 12 |
| Figura 3 - Biosul Fertilizantes (Estrutura aminoácido) | 14 |
| Figura 4 - Imagem orbital da área experimental..... | 16 |
| Figura 5 - Dados metereológicos..... | 17 |
| Figura 6 - Croqui do ensaio..... | 18 |
| Figura 7 - Tratamento de semente | 19 |
| Figura 8 - Avaliação de massa fresca e seca de raiz | 20 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1.0 INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 2.0 REVISÃO DE LITERATURA..... | 11 |
| 2.1 MILHO..... | 11 |
| 2.2 BIOESTIMULANTES..... | 13 |
| 2.2.1 Aminoácidos | 13 |
| 2.2.2 Extrato de Algas..... | 14 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 15 |
| 3.1 Caracterização do local do experimento..... | 15 |
| 3.2 Cultura do milho..... | 17 |
| 3.2.1 Delineamento experimental e Aplicações..... | 17 |
| 3.2.2 Tratamento de semente..... | 19 |
| 3.2.3 Semeadura..... | 19 |
| 3.2.4 Tratos culturais..... | 19 |
| 3.2.5 Obtenção de variáveis..... | 20 |
| 3.2.6 Análise estatística..... | 21 |
| 4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 21 |
| 4.1 Avaliações morfológicas..... | 23 |
| 4.2 Avaliação fisiológica..... | 25 |
| 4.3 Avaliação rendimento..... | 27 |
| 5.0 CONCLUSÃO..... | 28 |
| 6.0 REFERÊNCIAS..... | 29 |

RESUMO

Cruz, J. A. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, Guanambi, setembro de 2024. **Aplicação de aminoácido e extrato de alga em milho.** Orientador: Dr. Alessandro de Magalhães Arantes.

A cultura do milho é de grande interesse mundial, sendo um dos principais grãos do Brasil. Para obter-se rendimentos ainda maiores, são feitos diversos tratamentos culturais ano após ano. Nesse sentido, nas últimas décadas, pesquisadores se aprofundaram no uso de bioestimulantes, como alternativa de melhorar ou incrementar esses ganhos. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de aminoácido e extrato de alga, sobre as características de crescimento, fisiológica e rendimento das plantas de milho. O experimento foi conduzido em Candiba - BA, durante a safra de 2023. O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados, com 10 tratamentos e 4 repetições, sendo T1) Testemunha; T2) Ácido Glutâmico 10 mg Kg⁻¹; T3) Ácido Glutâmico 20 mg Kg⁻¹; T4) Ácido Glutâmico 30 mg Kg⁻¹; T5) Ácido Glutâmico 40 mg Kg⁻¹ T6) Extrato de Alga, T7) Ácido Glutâmico 10 mg Kg⁻¹ + Extrato de Alga, T8) Ácido Glutâmico 20 mg Kg⁻¹ + Extrato de Alga, T9) Ácido Glutâmico 30 mg Kg⁻¹ + Extrato de Alga, T10) Ácido Glutâmico 40 mg Kg⁻¹ + Extrato de Alga, sendo que o aminoácido foi aplicado via tratamento de semente e o extrato de alga foi aplicado no estágio V3, foram realizadas análises morfológicas, fisiológicas e de rendimento. Os resultados indicaram que a aplicação de aminoácido via tratamento de sementes em associação com aplicação foliar de extrato de alga apresentaram incrementos sobre as variáveis morfológicas, comprimento, massa fresca e seca de raiz, além da altura, em relação as variáveis fisiológicas a influência foi sobre a temperatura foliar e as taxas fotossintéticas e transpiratórias, para as variáveis de rendimento houve incrementos na produtividade do milho nas condições testadas. A utilização de ácido glutâmico associado a extrato de alga promove maior comprimento e massa fresca de raiz, taxa fotossintética, transpiratória e produtividade do milho. A dose indicada é 20 mg de ácido glutâmico em associação com o extrato de alga.

Palavras-chave: *Zea mays L.*, *Ascophyllum nodosum*, ácido glutâmico, bioestimulantes, fisiologia.

ABSTRACT

Cruz, J. A. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, Guanambi, september of 2024. **Application of amino acid and algae extract in corn.** Advisor: Dr. Alessandro de Magalhães Arantes.

Corn is a crop of great global interest, being one of the main grains in Brazil. To obtain even higher yields in corn cultivation, various cultural treatments are carried out year after year, in order to increase productivity and quality of the product. In this sense, in recent decades, researchers have delved deeper into the use of biostimulants, which promise to bring agronomic yields to the crop, both in quality and productivity. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effects of the application of amino acid and seaweed extract on the growth, physiological and yield characteristics of corn plants. The experiment was conducted in Candiba - BA, during the 2023 harvest. The experimental design was carried out in randomized blocks, with 10 treatments and 4 repetitions, being T1) Control; T2) Glutamic Acid 10 mg Kg⁻¹; T3) Glutamic Acid 20 mg Kg⁻¹; T4) Glutamic Acid 30 mg Kg⁻¹; T5) Glutamic Acid 40 mg Kg⁻¹; T6) Algae Extract, T7) Glutamic Acid 10 mg Kg⁻¹ + Algae Extract, T8) Glutamic Acid 20 mg Kg⁻¹ + Algae Extract, T9) Glutamic Acid 30 mg Kg⁻¹ + Algae Extract, T10) Glutamic Acid 40 mg Kg⁻¹ + Algae Extract, where the amino acid was applied via seed treatment and the alga extract was applied at stage V3, morphological, physiological and yield analyses were performed. The results indicated that the application of amino acid via seed treatment in association with foliar application of seaweed extract had effects on the morphological variables (length, fresh and dry dough of roots, in addition to height). Regarding the physiological variables, the influence was on leaf temperature and photosynthetic and transpiration rates. For the yield variables, there were increases in corn productivity under the conditions tested. The use of glutamic acid associated with seaweed extract promotes greater root length and fresh mass, photosynthetic and transpiration rates and corn productivity. The recommended dose is 20 mg of glutamic acid in association with seaweed extract.

Keywords: *Zea mays L.*, *Ascophyllum nodosum*, glutamic acid, biostimulants, physiology.

1.0 INTRODUÇÃO

A planta de milho (*Zea mays*) é uma das espécies mais cultivadas em todo o mundo. O grão de milho tem diversos usos entre os quais se destacam a alimentação humana e animal e matéria prima para a indústria de alta tecnologia. A alta produtividade de milho, é fortemente comprometida por fatores abióticos como condições climáticas extremas de temperatura, déficit hídrico, radiação solar (Cavalcante et al., 2020). O uso de substâncias bioestimulantes foi relatado na literatura como uma opção para contribuir para a mitigação dos efeitos extremos do clima e manter a produção das culturas agrícolas.

Os bioestimulantes são definidos como produtos que quando utilizados nas plantas, minimizam a necessidade de fertilizantes e alavancam a produção e a resistência destas ao estresse hídrico e climático. Estes produtos consistem na mistura de reguladores vegetais com outros produtos ou dois ou mais reguladores vegetais. Dentre tais produtos que ativam o desenvolvimento dos vegetais estão as algas marinhas, ácidos húmicos, aminoácidos, vitaminas, hormônios e ácido ascórbico (El Boukhari, et al., 2020). Desse modo, em busca de aumentar a produtividade das culturas agrícolas, o uso de bioestimulantes tem-se tornado uma ferramenta essencial para alcançar esse objetivo sendo, portanto, uma opção tecnológica próspera para incrementar a produção (Castro & Vieira, 2021).

Já outros autores, definem bioestimulantes como substâncias naturais ou sintéticas, oriundos da mistura de dois ou mais biorreguladores vegetais ou destes com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes e vitaminas), que podem ser aplicados diretamente nas plantas ou em tratamento de sementes (Shukla et al., 2019; Dourado neto et al., 2014). Muitos desses produtos aumentam a absorção de água e de nutrientes pelas plantas; bem como sua resistência aos estresses hídricos e aos efeitos residuais de herbicidas no solo, fazendo com que seu uso na agricultura seja crescente (Vasconcelos, 2006).

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo foi avaliar os efeitos da aplicação de aminoácido e extrato de alga, sobre as características de crescimento, fisiológicas e rendimento das plantas de milho.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MILHO

A planta de milho (*Zea mays* L.) se situa entre os cereais mais cultivados no mundo e possui grande importância econômica e social para o Brasil em virtude das diversas formas de utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria. A planta de milho faz parte da família das Poaceae, as quais são plantas que apresentam alta eficiência no uso da água e da luz para os seus processos de fotossíntese. O Brasil vem subindo no ranking de maiores produtores de milho nos últimos anos, sendo que a produção na safra 2023/2024 alcançou 115,6 milhões de toneladas (Conab, 2024). Vale ressaltar que por mais que a maior parte do milho produzido seja utilizado na alimentação animal, ele também é usado na alimentação dos seres humanos nas mais diversas formas, uma vez que é matéria prima para a fabricação de mais de 150 produtos industriais diferentes (Strazzi, 2015).

O grão do cereal é dividido, em quatro principais estruturas físicas: endosperma (a maior parte do grão, onde estão as reservas de amido), gérmen (onde se concentra quase a totalidade dos lipídeos e minerais do grão) e pericarpo (casca) (Figura 1).

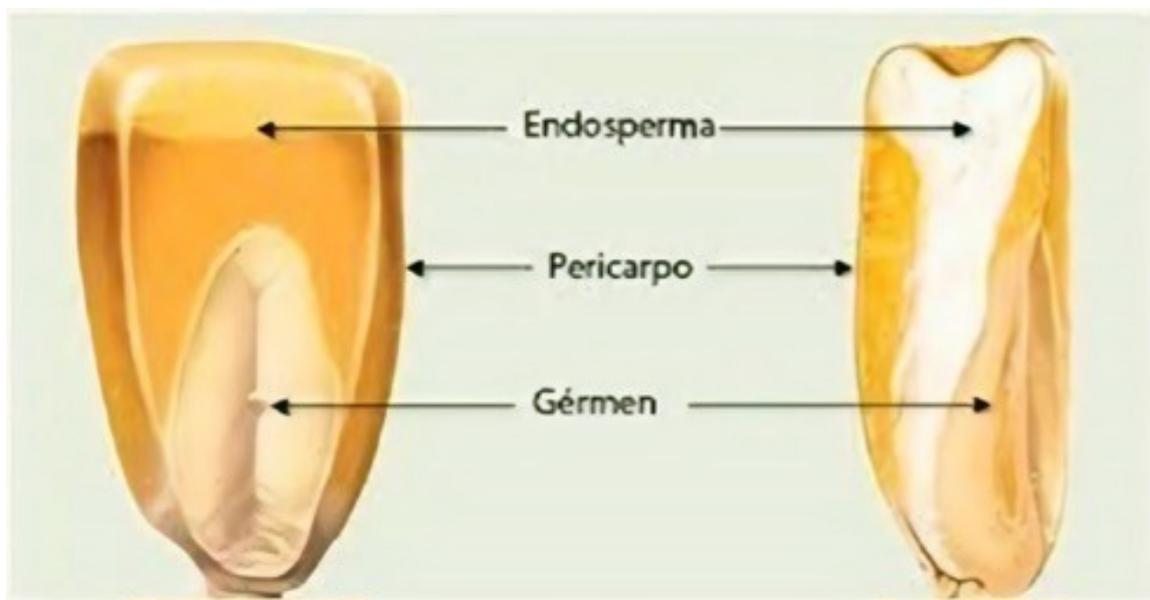


Figura 1. Estrutura física do milho. Fonte: Portal R2S.

O milho tem seu crescimento e desenvolvimento dividido em fases fenológicas, as quais são divididas em duas, a fase vegetativa que é representada pela letra V e a fase reprodutiva que é representada pela letra R (Figura 2). As subdivisões dos estádios

vegetativos são designadas numericamente como V1, V2, V3 até o V(n), que representa a última folha emitida antes do pendoamento (VT). O primeiro e o último estágio V, são representados por VE (emergência) e VT (pendoamento), respectivamente (Magalhães & Durães, 2006). As etapas dos estádios reprodutivos são divididas em: florescimento (R1), grão leitoso (R2), grão pastoso (R3), grão farináceo – duro (R4) e maturidade fisiológica (R6), respectivamente (Silva, 2021).

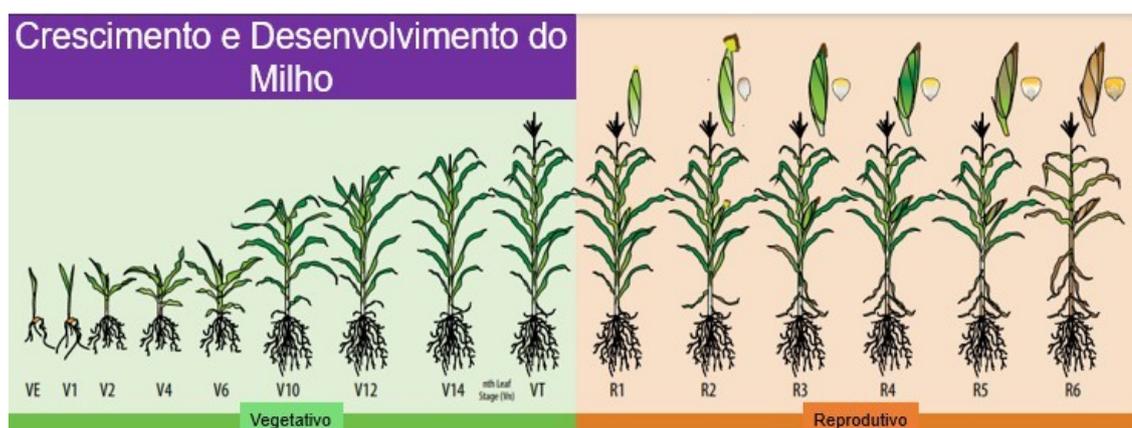


Figura 2. Crescimento e desenvolvimento do milho. Fonte: Universidade do Kansas (2015).

O padrão de desenvolvimento de todas as plantas de milho é o mesmo, mas os intervalos de tempo entre os estádios e o número total de folhas desenvolvidas podem variar de acordo com vários híbridos, ano agrícola, data de plantio e local (García-lara & Serna-saldivar, 2019). A água, a temperatura, a radiação solar ou a luminosidade limitam o tempo de crescimento e desenvolvimento do milho. Para maximizar o potencial genético de produção do milho, os índices dos fatores climáticos devem atingir níveis ideais (Cruz et al., 2010).

O milho tem um caule do tipo colmo com entrenós e nós. As folhas estão alternadamente dispostas no diâmetro inverso do caule na parte superior desse sistema caulinar. Existe um limbo foliar largo, comprido e liso na maioria, com um ângulo de 90° com uma nervura principal resistente no caule (Morais, 2012).

Apresenta um sistema radicular próprio das gramíneas, do tipo fasciculado ou em "cabeleira", com comprimentos de 1,5 a 3,0 metros e profundidades de até 0,30 metros nas camadas mais superficiais, o que explica a baixa tolerância à falta de água. Além disso, as raízes do tipo escoras, também conhecidas como adventícias, ajudam na fixação do caule da planta, absorvendo sais minerais em solução (Fornasieri filho, 2007).

2.2 BIOESTIMULANTES

Os bioestimulantes vegetais são compostos e materiais que, ao serem aplicados em plantas, sementes ou substratos de cultivo, alteram processos fisiológicos para favorecer o crescimento, o desenvolvimento e as reações ao estresse (Rouphael & Colla, 2020). Os constituídos por extratos de algas contêm moléculas bioativas complexas que desempenham uma variedade de funções, dependendo do método de extração e da forma como são aplicados nas plantas (Shukla et al., 2019). Quando usados em sementes ou na fase primária do desenvolvimento, eles aumentam o crescimento das raízes, o que permite que os vegetais sejam mais resistentes a estresse biótico e abiótico, o que resulta em uma maior produção de grãos (Dourado neto et al., 2014).

Segundo Dourado et al. (2014), quando os bioestimulantes são aplicados à semente ou na fase inicial de desenvolvimento da cultura, eles são melhor aproveitados. Isso resulta em um crescimento maior a nível radicular, o que garante uma melhor resistência a estresse e distúrbios bióticos e biológicos. Além disso, a aplicação de produtos com ação bioestimulante nestes estágios fisiológicos proporciona indivíduos mais vigorosos, o que leva um maior rendimento em massa seca, comprimento superior da parte aérea e um percentual de emergência mais alto. As plantas são protegidas contra estresses biótico e abiótico por meio dos metabólitos encontrados nas algas marinhas.

2.2.1 Aminoácidos

Os aminoácidos são unidades básicas dos peptídeos e proteínas e são compostos biológicos com um átomo de carbono central ligado a quatro grupos: um grupo de hidrogênio, um grupo α -carboxílico, um grupo α -amino e um grupo R. As cadeias laterais exclusivas de cada aminoácido são responsáveis pelas suas propriedades químicas específicas (Dietzen, 2018). Como o grupo α -amino do aminoácido glutamato está diretamente envolvido na assimilação da amônia e é transferido para todos os outros aminoácidos, o aminoácido glutamato serve como substrato para a síntese dos demais aminoácidos (Forde & Lea, 2007). Assim como descreve a figura 3.

O glutamato desempenha várias funções importantes, incluindo arquitetura da raiz, germinação de sementes e crescimento do tubo polínico, resposta a feridas e resistência a patógenos, adaptação e resposta a estresse abiótico (Philippe et al., 2019), e transdutor de sinalização de longa distância (Toyota et al., 2018).

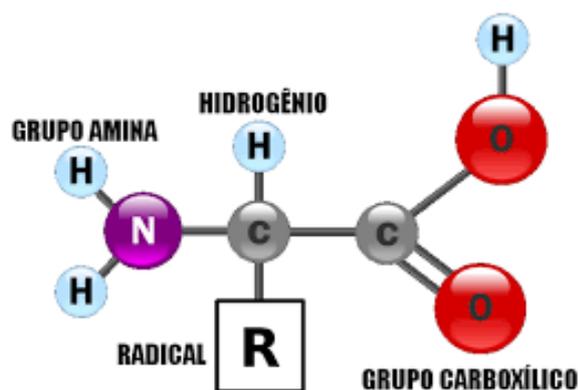


Figura 3. Estrutura molecular de um aminoácido. Fonte: Biosul Fertilizantes.

Na maioria dos habitats terrestres, o nitrogênio é um recurso limitante para o crescimento das plantas, pois é necessário para a síntese de ácidos nucléicos e proteínas. Portanto, o nitrogênio é necessário para todos os processos vitais do ciclo de vida das plantas (Winter et al., 2015). As plantas absorvem nitrogênio na forma de nitrato e amônio do solo.

As formas químicas mais comuns pelas quais o nitrogênio é transportado para o armazenamento em proteínas para atender às necessidades energéticas do metabolismo vegetal são os aminoácidos (Tegeder, 2014; Tegeder & Hammes, 2018). Do ponto de vista fisiológico, é evidente que a concentração de todos ou vários aminoácidos e amidas controla muitos dos processos e vias metabólicas que ocorrem nas células vegetais.

O metabolismo do nitrogênio depende dos aminoácidos para controlar a absorção de nitrato e amônio, a incorporação e a redução de nitrato e amônio, o metabolismo de proteínas e a remobilização de nitrogênio nos tecidos vegetais (Mohammadipour & Souri, 2019). Como resultado, o metabolismo dos aminoácidos está intimamente relacionado ao metabolismo dos carboidratos, amônio e a demanda por proteínas e metabolismo secundário.

Os componentes do metabolismo de carboidratos são usados pela biossíntese de aminoácidos, enquanto a degradação de aminoácidos produz uma variedade de metabólitos, que são utilizados como fonte de energia pelo ciclo do ácido cítrico (Pratelli & Pilot, 2014).

2.2.2 Extrato de Algas

Desde a era romana, as algas foram colhidas e colocadas diretamente no solo para uso agrícola. Como afirmado por Sharma et al. (2014), na maioria das vezes, as algas pardas são as primeiras opções para ser incluídas na composição de bioestimulantes, principalmente as algas da espécie *A. nodosum* devido às suas propriedades antioxidantes, antibacterianas e fotoprotetoras, originária dos mares árticos e atlântico norte sob condições ambientais

extremas (Khan et al., 2012).

O extrato de algas marinhas tem sido usado para aumentar a fertilidade do solo e a produção agrícola, tanto diretamente na aplicação foliar quanto como composto no solo. Os metabólitos das algas marinhas contêm biomoléculas ativas que desempenham funções antifúngicas, antivirais, antibacterianas e antiprotozoárias. As algas marinhas geralmente consistem em uma variedade de minerais exclusivos, como componentes orgânicos, hormônios vegetais e misturas de vários tipos de polissacarídeos, que normalmente não são encontrados nas plantas terrestres.

Como quelantes, esses extratos melhoram as propriedades de absorção de minerais e nutrientes da planta e melhoram a estrutura e as propriedades de aeração do solo, o que promove o crescimento das raízes (Mukherjee & Patel, 2019). Esses extratos também reduzem os estresses abióticos e bióticos e aumentam as defesas das plantas controlando processos moleculares, fisiológicos e bioquímicos.

A tolerância a salinidade e baixas temperaturas; qualidade do fruto; nutrição e morfologia da raiz; crescimento, produtividade, qualidade nutricional e mitigação do estresse por seca estão entre os estudos com a famosa alga marrom (Shukla et al., 2019). ExpertGrow® é um fertilizante orgânico feito com extrato de alga marinha *A. nodosum* e hidróxido de potássio. Ele afeta o metabolismo secundário, a expressão de proteínas, a fotossíntese, o crescimento, o florescimento, a resistência a estresse abiótico e o metabolismo energético das plantas (Adama, 2023).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local do experimento

O experimento foi conduzido no município de Candiba, estado da Bahia, Brasil, durante o ano de 2023, sob as coordenadas geográficas de 14°22'39" S e 42°53'52" W (Figura 4). O experimento foi instalado em uma área total de 720 m² (12 x 60 m), dividido em 40 parcelas de 15 m² (3 x 5 m), em solo classificado como Latossolo vermelho eutrófico. O clima da região é semiárido com precipitação pluviométrica anual média de 680 mm e temperatura média anual de 26 °C, sendo as chuvas concentradas nos meses de novembro a março (Santos et al., 2019). As características químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo nas camadas de 0 – 10 e 10 – 20 cm antes da instalação do experimento. Candiba– BA, safra 2023.

| Camada de solo | Ph | P | K | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | S.B. ¹ | t ² | T ³ | v ⁴ |
|----------------|----------------------|---------------------|---|------------------|------------------|------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| Cm | (CaCl ₂) | mg dm ⁻³ | -----Cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | --- % --- | | | |
| 0 – 10 | 6,0 | 15,8 | 0,2 | 1,9 | 0,6 | 0,06 | 2,7 | 4,0 | 3,6 | 82 |
| 10 – 20 | 5,6 | 12,5 | 1,0 | 4,0 | 2,3 | 0,06 | 7,3 | 6,6 | 7,9 | 66 |

1 – Soma de bases; 2 - Capacidade de troca catiônica efetiva; 3 - Capacidade de troca catiônica a pH 7.0; 4 - Saturação por bases.

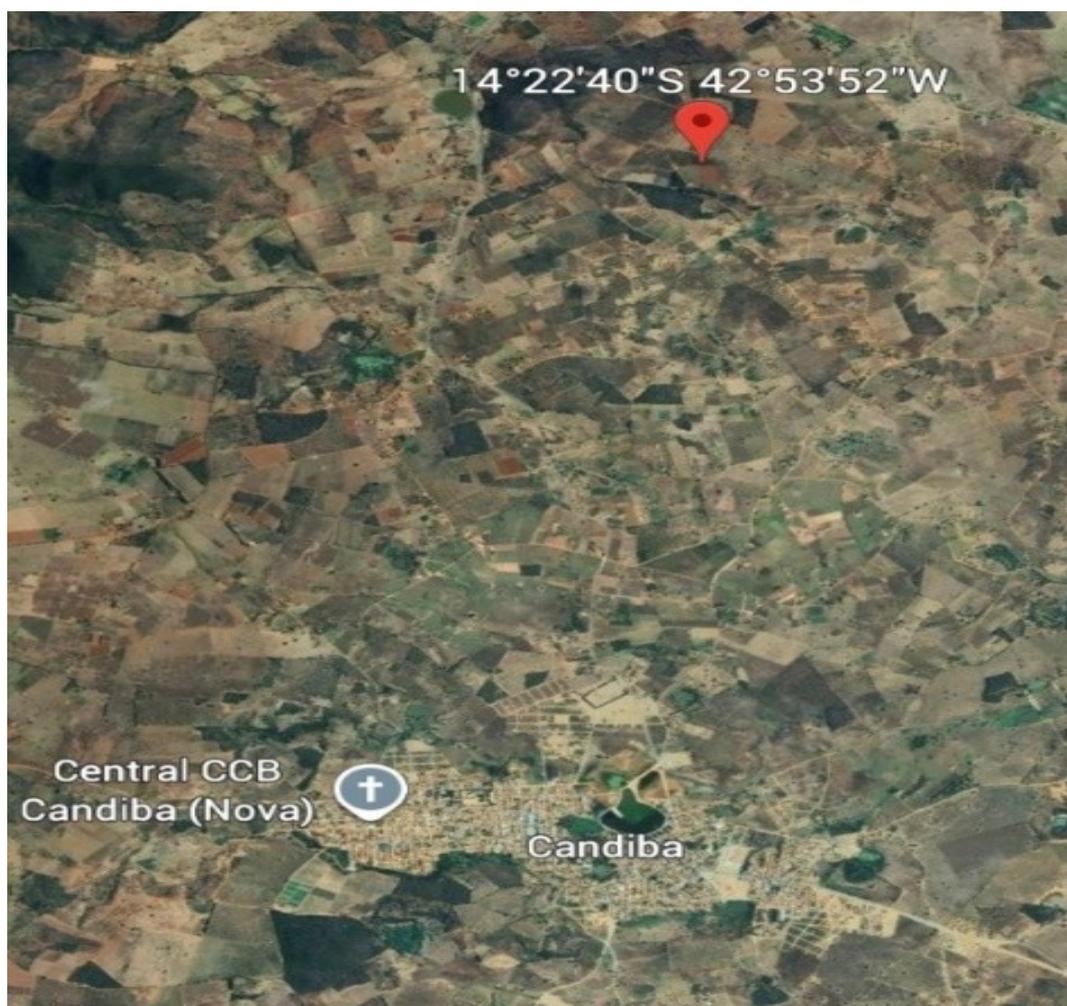


Figura 4. Imagem orbital e coordenadas do experimento à campo. Fonte: Google Earth, acesso: <https://earth.google.com/>.

Os dados meteorológicos estão apresentados na figura 5 foram coletados da estação meteorológica A426 na cidade de Guanambi - BA.

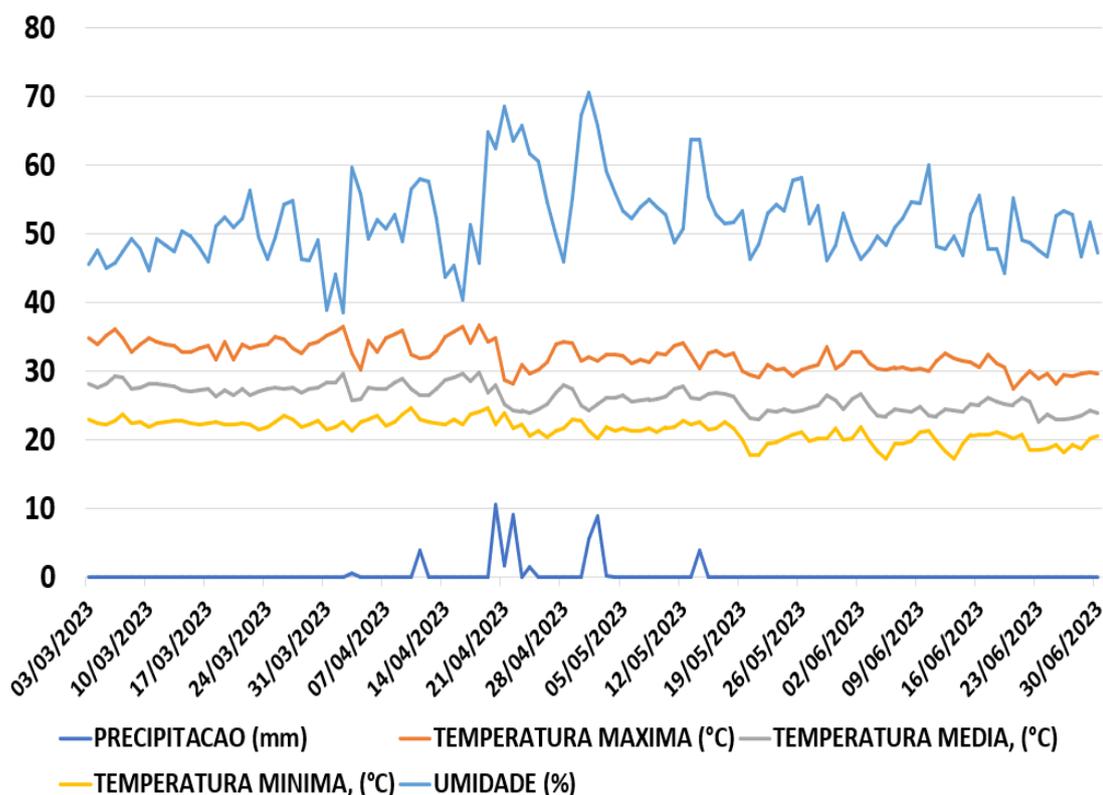


Figura 5. Dados de temperatura mínima, máxima e média (°C), umidade média (%) e precipitação (mm), Guanambi-BA. Fonte: INMET, acesso: <https://portal.inmet.gov.br/>

3.2 Cultura do milho

3.2.1 Delineamento Experimental e Aplicações

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC), com 4 repetições e 24 plantas úteis por parcela (Figura 6). Os tratamentos consistiram em 5 doses de aminoácido (Ácido glutâmico) aplicadas isoladamente via tratamento de sementes ou em associação com a aplicação foliar de extrato de alga (ExpertGrow – 500 mL ha⁻¹) no estágio fenológico V3 da cultura (Tabela 2). A aplicação foliar do extrato de alga foi realizada utilizando um pulverizador costal com pressurização por CO₂, munido de barra de 3 m contendo quatro pontas de pulverização do tipo XR 110.02 (0,50 m entre pontas) e volume de calda equivalente a 100 L ha⁻¹. Foi determinada uma área útil no centro das parcelas de 2 m (4 linhas) de 3 metros de comprimento, onde foram coletadas as variáveis biométricas, fisiológicas e de rendimento do milho.

| | | | |
|------------|------------|------------|------------|
| T10 | T6 | T1 | T7 |
| T9 | T4 | T4 | T10 |
| T8 | T3 | T5 | T8 |
| T7 | T9 | T2 | T6 |
| T6 | T1 | T3 | T9 |
| T5 | T2 | T6 | T4 |
| T4 | T10 | T9 | T3 |
| T3 | T8 | T7 | T5 |
| T2 | T7 | T8 | T1 |
| T1 | T5 | T10 | T2 |

Figura 6. Disposição dos tratamentos à campo do ensaio com aplicação de aminoácidos e extrato de alga. Fonte: Próprio autor.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos do ensaio de aplicação de aminoácido e extrato de alga em milho.

| TRATAMENTO | Descrição/Dose (mg kg ⁻¹ de semente ou mL ha ⁻¹) |
|------------|---|
| S | |
| T1 | Testemunha |
| T2 | Ácido Glutâmico (10) |
| T3 | Ácido Glutâmico (20) |
| T4 | Ácido Glutâmico (30) |
| T5 | Ácido Glutâmico (40) |
| T6 | Extrato de Alga (500) |
| T7 | Ácido Glutâmico (10) + Extrato de Alga (500) |
| T8 | Ácido Glutâmico (20) + Extrato de Alga (500) |
| T9 | Ácido Glutâmico (30) + Extrato de Alga (500) |
| T10 | Ácido Glutâmico (40) + Extrato de Alga (500) |

3.2.2 Tratamento de semente

Para aplicação do aminoácido, as sementes foram acondicionadas em sacos plásticos com capacidade de 5,0 kg. Posteriormente, foi realizada a aplicação do produto sobre as sementes e o conjunto foi agitado vigorosamente durante dois a três minutos, visando uniformizar a distribuição do tratamento sobre a massa de sementes (Figura 7). Em seguida, as sementes tratadas foram colocadas para secar à sombra.



Figura 7. Demonstração do tratamento de semente com aminoácido. Fonte: Próprio autor.

3.2.3 Semeadura

O híbrido de milho P3858 PowerCore™ ULTRA (PWU) foi semeado em 04 de março de 2023, com espaçamento de 0,50 m entrelinhas e 4 plantas por metro linear, totalizando uma população de 80 mil plantas ha⁻¹ em sistema de plantio convencional. A semeadura foi realizada de forma manual com a utilização de matracas.

3.2.4 Tratos Culturais

Adubação foi realizada com base na análise de solo e exigências nutricionais da cultura de acordo com Sousa e Lobato (2004). Foram aplicados 200 kg ha⁻¹ de MAP purificado e 200 kg ha⁻¹ de ureia. Durante o desenvolvimento da cultura foram realizados os tratos culturais via aplicações de produtos fitossanitários para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

3.2.5 Obtenção de variáveis em campo

3.2.5.1 Avaliações morfológicas

As variáveis biométricas avaliadas na cultura foram à altura de plantas, diâmetro de colmo e o número de folhas por planta. A altura de plantas (AP) foi medida em centímetros com auxílio de trena, considerando-se desde a superfície do solo até o ápice da planta. O diâmetro de colmo (DC) foi determinado com auxílio de paquímetro digital, sendo a medida da base do colmo dois centímetros acima do solo. Para obtenção dos dados biométricos, foram coletadas três plantas por parcela experimental, totalizando 12 plantas por tratamento, sendo realizadas avaliações, aos 15, 30, 45 e 75 dias após a emergência.

O comprimento de raiz foi mensurado aos 25 dias após emergência (DAE) em 3 plantas por parcela, com auxílio de uma fita métrica foi medido do nível do solo até a extremidade da raiz. Já para as variáveis massa fresca e seca de raiz, a avaliação foi realizada aos 75 dias após emergência, sendo coletadas 3 plantas por parcelas com auxílio de uma pá reta, posteriormente as raízes foram lavadas, pesadas e levadas para estufa regulada à 65 °C por um período de 72 horas, após o período determinado foi realizado uma nova pesagem



(Figura 8).

Figura 8. Amostragem de raízes de milho para avaliação massa fresca e seca aos 75 DAE. (A): Coleta das raízes, (B): Secagem das raízes na estufa e (C): pesagem das raízes, Fonte: Próprio autor

3.2.5.2 Avaliação fisiológica

As avaliações fisiológicas foram realizadas de forma não destrutiva em uma planta por parcela experimental aos 20 dias após a aplicação dos tratamentos, obtidas com um Analisador de Gases no Infravermelho (IRGA) modelo LCI (ADC BioScientific - Great Amwell – England) utilizando luz natural. As variáveis fisiológicas analisadas foram a taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiratória (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i) e temperatura foliar (T_{leaf} ,

°C).

3.2.5.3 Avaliações de rendimento

Ao final do ciclo, 132 dias após emergência, foi quantificado o número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, a massa de 1000 grãos e produtividade de grãos, que foi determinada, a partir da colheita e trilha das plantas de uma área de 3 m² de cada parcela experimental, totalizando 12 m² por tratamento.

3.2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para análise de normalidade dos resíduos e de Bartlett para a homogeneidade entre as variâncias. Atendidas as duas pressuposições da estatística paramétrica, aplicou-se à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R, versão 4.2.0 (R Core Team, 2019).

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados obtidos para as variáveis morfológicas avaliadas na cultura (Tabela 3), constataram-se diferenças significativas a 5% pelo teste F para comprimento de raiz (CR), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), altura de plantas aos 30 e 75 dias após emergência (AP2 e AP4).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os dados de comprimento de raiz (CR), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), altura de plantas aos 15DAE (AP1), altura de plantas aos 30DAE (AP2), altura de plantas aos 45DAE (AP3), altura de plantas aos 75DAE (AP4), diâmetro de colmo aos 15DAE (DC1), diâmetro de colmo aos 30DAE (DC2), diâmetro de colmo aos 45DAE (DC3), diâmetro de colmo aos 75DAE (DC4), número de folhas aos 15DAE (NF1), número de folhas aos 30DAE (NF2), número de folhas aos 45DAE (NF3) e número de folhas aos 75DAE (NF4).

| | Fontes de variação | | | |
|-----------|--------------------|-----------------------|---------|--------|
| | Tratamentos | Bloco | Resíduo | Cv (%) |
| GL | 9 | 3 | 27 | - |
| Variáveis | Quadrado médio | | | - |
| CR | 76,628* | 104,981* | 31,735 | 19,33 |
| MFR | 938,548** | 231,503 ^{ns} | 102,611 | 12,84 |
| MSR | 78,145** | 22,763 ^{ns} | 13,408 | 21,96 |

| | | | | |
|-----|----------------------|---------------------|--------|------|
| AP1 | 0,845 ^{ns} | 5,689 ^{ns} | 2,062 | 5,75 |
| AP2 | 8,698* | 5,181 ^{ns} | 3,137 | 5,96 |
| AP3 | 12,577 ^{ns} | 91,988* | 27,298 | 3,36 |
| AP4 | 29,747** | 281,040** | 8,385 | 6,61 |
| DC1 | 0,001 ^{ns} | 0,019** | 0,003 | 1,56 |
| DC2 | 0,011 ^{ns} | 0,026 ^{ns} | 0,014 | 2,52 |
| DC3 | 0,008 ^{ns} | 0,006 ^{ns} | 0,005 | 3,02 |
| DC4 | 0,006 ^{ns} | 0,010 ^{ns} | 0,014 | 3,02 |
| NF1 | 0,002 ^{ns} | 0,042** | 0,004 | 4,83 |
| NF2 | 0,054 ^{ns} | 0,051 ^{ns} | 0,038 | 6,15 |
| NF3 | 0,084 ^{ns} | 0,060 ^{ns} | 0,110 | 6,94 |
| NF4 | 0,084 ^{ns} | 0,060 ^{ns} | 0,110 | 5,97 |

**e* Significativo para 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns não significativo pelo teste F a 5% de significância, GL – Grau de Liberdade; e CV – Coeficiente de Variação.

Em relação às variáveis fisiológicas (Tabela 4), observaram-se efeitos significativos dos tratamentos apenas para a taxa fotossintética (A), transpiratória (E) e temperatura foliar (Tleaf).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os dados de taxa fotossintética (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiratória (E, $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (gs, $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (Ci) e temperatura foliar (Tleaf, °C).

| | Fontes de variação | | | |
|-----------|------------------------|------------------------|-----------|--------|
| | Tratamentos | Bloco | Resíduo | Cv (%) |
| GL | 9 | 3 | 27 | - |
| Variáveis | Quadrado médio | | | - |
| Ci | 7516,934 ^{ns} | 1227,401 ^{ns} | 58332,950 | 116,92 |
| Gs | 4,299 ^{ns} | 12,837 ^{ns} | 7,173 | 100,08 |
| E | 0,188* | 2,934** | 0,067 | 6,19 |
| A | 13,307** | 10,616 ^{ns} | 3,197 | 4,67 |
| Tleaf | 28,720** | 2,967 ^{ns} | 6,876 | 10,11 |

**e* Significativo para 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns não significativo pelo teste F a 5% de significância, GL – Grau de Liberdade; e CV – Coeficiente de Variação.

Por fim, para as variáveis de rendimento, a produtividade apresentou resposta significativa em relação à aplicação dos tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para os dados de número de fileiras por espiga (F/E), número de grãos por fileira (G/F), massa de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD).

| | Fontes de variação | | | |
|-----------|-----------------------|----------|---------|--------|
| | Tratamentos | Bloco | Resíduo | Cv (%) |
| GL | 9 | 3 | 27 | - |
| Variáveis | Quadrado médio | | | - |
| F/E | 0,535 ^{ns} | 4,654** | 0,728 | 4,83 |
| G/F | 1,821 ^{ns} | 38,361** | 2,981 | 6,15 |
| PMG | 470,377 ^{ns} | 276,100 | 236,97 | 6,94 |
| PROD | 2463416** | 674996 | 240215 | 5,97 |

**e* Significativo para 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns não significativo pelo teste F a 5% de significância, GL – Grau de Liberdade; e CV – Coeficiente de Variação.

4.1 Avaliações morfológicas

As plantas de milho da cultivar P3558 PWU submetidas à aplicação de ácido glutâmico e extrato de alga apresentaram dois agrupamentos de médias, sendo que as doses de 10, 20, 30 e 40 mg associado ao extrato de alga (T7, T8, T9 e T10) e ácido glutâmico isolado nas doses de 20 e 40 mg (T3 e T5) apresentaram maiores resultados de comprimento de raiz (CR) quando comparado à testemunha, as doses de 10 e 30 mg de ácido glutâmico isolado e ao extrato de algas (Tabela 6).

Tabela 6. Comprimento de raiz (CR), massa fresca de raiz (MFR) e massa seca de raiz (PSR) do híbrido de milho P3858 PWU em resposta à aplicação isolada de aminoácido ou em associação com extrato de algas. Candiba- BA, safra 2023.

| Tratamentos | CR (cm) | MFR (g) | MSR (g) |
|-------------|---------|----------|---------|
| 1 | 21,63 b | 56,36 b | 12,14 b |
| 2 | 24,98 b | 63,17 b | 13,16 b |
| 3 | 31,43 a | 79,51 a | 24,45 a |
| 4 | 25,33 b | 66,12 b | 11,72 b |
| 5 | 31,43 a | 72,41 b | 18,86 a |
| 6 | 27,09 b | 76,49 a | 13,17 b |
| 7 | 32,93 a | 82,44 a | 16,55 b |
| 8 | 28,88 a | 81,90 a | 16,16 b |
| 9 | 31,49 a | 91,80 a | 20,76 a |
| 10 | 36,18 a | 104,68 a | 18,79 a |
| CV (%) | 19,33 | 12,84 | 21,96 |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de significância, ns - não significativo pelo teste de F. cm- centímetro, g- grama. T1- testemunha, T2- ácido glutâmico 10 mg, T3- ácido glutâmico 20 mg, T4- ácido glutâmico 30 mg, T5- ácido glutâmico 40 mg, T6- extrato de alga, T7- ácido glutâmico 10 mg + extrato de alga, T8- ácido glutâmico 20 mg + extrato de alga, T9- ácido glutâmico 30 mg + extrato de alga, T10- ácido glutâmico 40 mg + extrato de alga.

Os bioestimulantes promovem o crescimento radicular e vegetal reativando processos fisiológicos em várias fases de desenvolvimento (Silva, 2010).

Dependendo da concentração, composição e proporção das substâncias desses compostos, a vegetação é estimulada a crescer por meio de uma maior divisão celular, alongamento celular e diferenciação celular. Como resultado, a capacidade de absorção de nutrientes e água aumenta, o que é refletido diretamente no desenvolvimento da planta (Freitas, 2019). Por outro lado, Buchelt et al. (2019), observaram que a aplicação de bioestimulantes Progibb 400® e Stimulate®, assim como de *Bacillus subtilis* não impactaram significativamente comprimento de raiz e a parte aérea inicial de milho.

O maior comprimento de raiz (CR) refletiu em maior massa fresca de raiz (MFR), uma vez que os tratamentos com maior CR também apresentaram maior MFR, com exceção dos tratamentos com ácido glutâmico isolado na dose de 40 mg (T5) e o extrato de alga puro (T6). Já para a massa seca de raiz (MSR), os tratamentos com aplicação isolada de ácido glutâmico nas doses de 20 e 40 mg e em associação com extrato de alga nas doses de 30 e 40 mg, apresentaram maiores valores de MSR (Tabela 6). Não concordando com os resultados obtidos, Netta (2022) observaram que a massa de raízes culturais frescas e secas de milho, cultivar AS 1820 Agroceres®, não foi afetada pela aplicação do bioestimulante Stimullum®.

A altura de plantas aos 30 dias após emergência (AP2) foi maior com a aplicação isolada de ácido glutâmico na dose de 40 mg (T5) e em associação com extrato de alga nas doses de 30 e 40 mg (T9 e T10) constituindo o agrupamento superior, já aos demais tratamentos constituíram o inferior (Tabela 7). Em relação à altura de plantas aos 75 dias após a emergência (AP4), todos os tratamentos que tiveram associação de ácido glutâmico com extrato de alga e os tratamentos com ácido glutâmico isolado na dose de 30 mg e o extrato de alga puro constituíram o agrupamento superior, já os demais tratamentos o inferior.

Avaliando o comportamento da cultivar de milho híbrido NS 92 PRO em relação à aplicação de diferentes bioestimulantes foliares e ao tratamento de sementes com o uso de um produto comercial contendo extratos de algas, Barcelos (2016) constataram que os parâmetros biométricos da planta não apresentaram mudanças significativas em comparação com o tratamento controle. Da mesma forma, Santos et al. (2013) testando o uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de milho, verificaram que a aplicação dos produtos bioestimulantes

não aumentaram a altura das plantas de milho.

Tabela 7. Altura de plantas aos 15 (AP1), aos 30 (AP2), aos 45 (AP3) e aos 75 DAE (AP4) do híbrido de milho P3858 PWU em resposta à aplicação isolada de aminoácido ou associação com extrato de algas. Candiba- BA, safra 2023.

| Tratamentos | AP1 (cm) | AP2 (cm) | AP3 (cm) | AP4 (cm) |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 25,30 a | 56,75 b | 108,12 a | 180,77 b |
| 2 | 24,37 a | 58,77 b | 107,92 a | 180,95 b |
| 3 | 24,50 a | 59,02 b | 106,22 a | 179,45 b |
| 4 | 24,90 a | 58,97 b | 108,62 a | 182,65 a |
| 5 | 24,92 a | 60,65 a | 109,90 a | 177,30 b |
| 6 | 25,70 a | 57,40 b | 104,12 a | 185,42 a |
| 7 | 24,90 a | 57,55 b | 107,12 a | 185,75 a |
| 8 | 25,12 a | 58,47 b | 107,20 a | 180,80 a |
| 9 | 24,30 a | 60,30 a | 107,97 a | 182,90 b |
| 10 | 25,42 a | 61,27 a | 110,30 a | 184,70 a |
| CV (%) | 5,75 | 5,96 | 3,36 | 6,61 |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de significância, ns - não significativo pelo teste de F. cm- centímetro. T1- testemunha, T2- ácido glutâmico 10 mg, T3- ácido glutâmico 20 mg, T4- ácido glutâmico 30 mg, T5- ácido glutâmico 40 mg, T6- extrato de alga, T7- ácido glutâmico 10 mg + extrato de alga, T8- ácido glutâmico 20 mg + extrato de alga, T9- ácido glutâmico 30 mg + extrato de alga, T10- ácido glutâmico 40 mg + extrato de alga.

Assim como, os resultados de Freitas (2019), avaliando o efeito dos bioestimulantes em situações em que o diâmetro do colmo não teve um impacto significativo. Além disso, esses resultados corroboram os resultados do estudo de Martins et al. (2016), no qual o bioestimulante é composto pelo complexo GZA, que é formado por glicina betaína (um aminoácido potente que tem efeito antiestresse), zeatina (hormônio do grupo das citocininas com atuação na germinação, divisão e crescimento celular) e ácidos orgânicos, húmicos e fúlvicos foi aplicado via semente foi testado na cultura de milho composto. Nesse estudo, os pesquisadores descobriram que o diâmetro do colmo não variou significativamente entre os tratamentos aplicados e a testemunha. A ausência de diferenças entre os tratamentos utilizados para algumas variáveis pode estar associado a dificuldade de detectar seu efeito em ambientes favoráveis ao desenvolvimento das plantas de milho e ao contrário em ambientes estressantes (Karnok, 2000).

4.2 Avaliação fisiológica

Para as variáveis fisiológicas os tratamentos foram divididos em dois agrupamentos de

acordo com os resultados apresentados, sendo o superior e o inferior. A aplicação de ácido glutâmico nas doses de 10, 20, 30 e 40 mg em associação com extrato de alga (T7, T8, T9 e T10) e ácido glutâmico isolado na dose de 40 mg (T5) proporcionaram maiores valores de taxa fotossintética (A) e taxa transpiratória (E), em relação aos demais tratamentos. Já ao analisar a temperatura foliar (Tleaf), verificou-se que a testemunha e o tratamento com ácido glutâmico isolado na dose 30 mg apresentaram os maiores valores (Tabela 8).

Tabela 8. Taxa fotossintética (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa transpiratória (E, $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e temperatura foliar (Tleaf, $^{\circ}\text{C}$) do híbrido de milho P3858 PWU em resposta à aplicação isolada de aminoácido ou em associação com extrato de algas. Candiba- BA, safra 2023.

| Tratamentos | A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | Tleaf ($^{\circ}\text{C}$) |
|-------------|--|---|------------------------------|
| 1 | 37,48 b | 3,93 b | 33,30 a |
| 2 | 35,27 b | 3,81 b | 23,82 b |
| 3 | 36,28 b | 4,07 b | 26,55 b |
| 4 | 36,70 b | 3,99 b | 29,30 a |
| 5 | 38,84 a | 4,35 a | 24,28 b |
| 6 | 36,80 b | 4,10 b | 24,43 b |
| 7 | 41,45 a | 4,44 a | 24,18 b |
| 8 | 38,42 a | 4,27 a | 24,02 b |
| 9 | 41,21 a | 4,61 a | 25,40 b |
| 10 | 39,89 a | 4,34 a | 24,02 b |
| CV (%) | 4,67 | 6,19 | 10,11 |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de significância, ns - não significativo pelo teste de F. T1- testemunha, T2- ácido glutâmico 10 mg, T3- ácido glutâmico 20 mg, T4- ácido glutâmico 30 mg, T5- ácido glutâmico 40 mg, T6- extrato de alga, T7- ácido glutâmico 10 mg + extrato de alga, T8- ácido glutâmico 20 mg + extrato de alga, T9- ácido glutâmico 30 mg + extrato de alga, T10- ácido glutâmico 40 mg + extrato de alga.

Indicando que os tratamentos 5, 7, 8, 9 e 10 tornaram as plantas tratadas mais adaptáveis as condições ambientais presentes na condução do ensaio (Figura 5), além de proporcionar um melhor funcionamento do metabolismo vegetal, já que ao regular a temperatura foliar a planta tem uma melhor performance na eficiência fotossintética.

Os aminoácidos são ácidos orgânicos associados a um ou mais grupos aminas. Eles são principalmente responsáveis pela formação de proteínas e também são precursores de várias substâncias que regulam o metabolismo vegetal (Gluhic et al., 2020). Devido ao seu papel antioxidante no metabolismo, os aminoácidos podem aumentar diretamente a produção de fitoquelatinas, que ajudam a controlar o excesso de metais nas plantas. Os aminoácidos também estão associados à produção de glutathione (GSH), que regula a produção de espécies

reativas de oxigênio (Teixeira et al., 2017). O ácido glutâmico potencializa a eficiência da fotossíntese e aprimora a atividade das enzimas antioxidantes em tomates submetidos a estresse de baixa temperatura, o que pode reduzir os impactos negativos do estresse térmico no seu desenvolvimento (Lee et al., 2021).

A supressão da degradação da clorofila e a ativação do metabolismo de aminoácidos, responsáveis pela produção de energia, defesa contra os radicais livres e equilíbrio de nitrogênio, são medidas eficazes para combater a senescência foliar acelerada pelo calor em grama-bentgrass rasteira (Rossi et al., 2021).

Além de que a absorção e assimilação do nitrogênio pelas plantas são influenciadas pela glutamina. Isso ocorre porque as enzimas sintetase da glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT) incorporam o amônio em aminoácidos, resultando na formação da glutamina (GLN) (Taiz et al., 2017). A enzima glutamina sintase (GS) transforma o NH_4^+ em aminoácido, protegendo as células vegetais do dano do NH_4^+ . Isso faz com que o glutamato seja incorporado ao NH_4^+ e produz glutamina, o que leva a um aumento na taxa de fotossíntese, devido a maior disponibilidade de nitrogênio, o qual é investido no aparato fotossintético (Bassi et al., 2018).

4.3 Avaliação rendimento

Os tratamentos com ácido glutâmico nas doses de 20 e 40 mg em associação com extrato de alga (T8 e T10) proporcionaram maiores valores de produtividade, quando comparado aos demais tratamentos, superando a testemunha em 2000 e 1900 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 9. Número de fileiras por espiga (F/E), número de grãos por fileira (G/F), massa de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD) do híbrido de milho P3858 PWU em resposta à aplicação isolada de aminoácido em associação com extrato de algas. Candiba- BA, safra 2023.

| Tratamentos | F/E | G/F | PMG (g) | PROD (Kg ha ⁻¹) |
|-------------|---------|---------|----------|-----------------------------|
| 1 | 18,30 a | 27,75 a | 233,00 a | 7544,00 b |
| 2 | 17,50 a | 28,30 a | 212,00 a | 7422,28 b |
| 3 | 17,30 a | 27,75 a | 205,66 a | 7590,66 b |
| 4 | 17,10 a | 27,55 a | 240,33 a | 8135,54 b |
| 5 | 18,00 a | 27,55 a | 221,66 a | 7679,18 b |
| 6 | 17,70 a | 26,95 a | 218,66 a | 8451,19 b |
| 7 | 17,30 a | 28,90 a | 231,66 a | 7943,04 b |

| | | | | |
|--------|---------|---------|----------|-----------|
| 8 | 17,80 a | 28,35 a | 225,33 a | 9876,06 a |
| 9 | 17,60 a | 28,15 a | 206,00 a | 8547,42 b |
| 10 | 17,90 a | 29,20 a | 236,33 a | 9450,98 a |
| CV (%) | 4,83 | 6,15 | 6,94 | 5,97 |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de significância, ns - não significativo pelo teste de F. T1- testemunha, T2- ácido glutâmico 10 mg, T3- ácido glutâmico 20 mg, T4- ácido glutâmico 30 mg, T5- ácido glutâmico 40 mg, T6- extrato de alga, T7- ácido glutâmico 10 mg + extrato de alga, T8- ácido glutâmico 20 mg + extrato de alga, T9- ácido glutâmico 30 mg + extrato de alga, T10- ácido glutâmico 40 mg + extrato de alga.

Os quais constituíram o agrupamento superior, já os demais tratamentos ficaram dentro do inferior.

O aumento da produtividade é reflexo dos incrementos proporcionados pelo ácido glutâmico nas doses de 20 e 40 mg combinado com extrato de alga no comprimento, massa fresca e seca de raiz, na altura e na taxa fotossintética e transpiratória, além de redução da temperatura foliar, mostrando que a planta conseguiu se adaptar melhor ao ambiente de produção, apresentando um saldo positivo da fotossíntese.

Diferente dos resultados obtidos no presente estudo, quando o bioestimulante Qualytus® SCP organomineral foi usado na cultura do milho, Krenchinski et al. (2014) não encontraram uma variação significativa de 5% na componente de produtividade. Da mesma forma, Freitas (2019) mostrou que quando a cultura do milho foi tratada com bioestimulantes Spifol Star® e Nutex Black® por meio do tratamento foliar, não houve diferença significativa na massa dos grãos em relação à testemunha.

Por outro lado, estudos recentes mostram que os bioestimulantes podem aumentar a qualidade e o rendimento das culturas quando usados corretamente (Campos, 2020). Souza et al., 2023, estudando como diferentes doses de um bioestimulante a base de extrato de algas afeta o crescimento do milho, em comparação com o grupo de controle, constataram que todas as doses apresentaram melhorias substanciais no crescimento e na produção de grãos da cultura.

5.0 CONCLUSÃO

A utilização de ácido glutâmico associado a extrato de alga promove maior comprimento e massa fresca de raiz, taxa fotossintética, transpiratória e produtividade do milho.

A dose indicada é 20 mg de ácido glutâmico em associação com o extrato de alga.

6.0 REFERÊNCIAS

- ADAMA. ExpertGrow. 2023. Disponível em: <https://www.adama.com/brasil/pt/ protecao-de-cultivos/biossolucoes-e-adjuvante/expertgrow>, Acesso em: 05 de ago. 2024.
- BARCELOS, G. S. (2016). **Bioestimulantes na cultura do milho: impacto na nutrição e nos parâmetros biométricos**. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Uberlândia.
- BASSI, D.; MENOSSI, M.; MATTIELLO, L. Nitrogen supply influences photosynthesis establishment along the sugarcane leaf. **Scientific Reports**, v. 8, p. 2327, 2018.
- BUCHELT, A.C.; METZLER, C.R.; CASTIGLIONI, J.L.; DASSOLLER, T.F.; LUBIAN, M.S. 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.
- CAMPOS, Thiago Souza; DOS SANTOS SOUSA, Westefann; DE OLIVEIRA, Valdivino Junior Domingos. Uso de bioestimulantes no incremento da produtividade de grãos. **Revista Agrotecnologia-Agrotec**, v. 11, n. 1, p. 9-15, 2020.
- CASTRO, P. R. C., & VIEIRA, E. L. (2021). Ação de biorreguladores na cultura do milho. In Fancelli, A. L. & Dourado Neto, D. (Eds.), **Milho: Tecnologia e produtividade** (pp. 99-115). Usp/Esalq/Lpv.
- CASTRO, P.R.E.; VIEIRA, E.L. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, V. (Eds.). **Feijão irrigado: tecnologia e produtividade**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2003. p.449-468.
- CAVALCANTE, W. S. S. et al. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **Irriga, Botucatu**, v. 25, n. 4, outubro-dezembro 2020. p. 754- 763.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. 12º Levantamento - Safra 2023/24. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5258-conab-atualiza-a-estimativa-da-safra-de-graos-2023-2024-que-deve-chegar-a-316-7-milhoes-de-toneladas>>. Acesso em: 20 ago. 2024.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. **Cultivo do milho- Plantio**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, v. 6, p. 1-10, 2010.
- DIETZEN, D. J. 13 - Amino Acids, Peptides, and Proteins. In: RIFAI, N.; HORVATH, A. R., et al (Ed.). **Principles and Applications of Molecular Diagnostics**: Elsevier, 2018. p.345-380. ISBN 978-0-12-816061-9.
- DOS SANTOS, V.M.; DE MELO, A.V.; CARDOSO, D.P.; GONÇALVES, A.H.; VARANDA, M.A.F.; TAUBINGER, M. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de *Zea mays* L. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 3, p. 307-318, 2013.
- EL BOUKHARI, M. E. M., BARAKATE, M., BOUHIA, Y., & LYAMLOULI, K. (2020).

Trends in Seaweed Extract Based Biostimulants. **Manufacturing Process and Plants**. 9 (3), 359. <https://doi.org/10.3390/plants9030359>.

FORDE, B. G., LEA, P. J. (2007) Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signalling. **Journal of Experimental Botany** 58:2339–2358. <https://doi.org/10.1>.

FREITAS, Leonardo José. Avaliação dos efeitos de bioestimulantes na cultura do milho. 2019. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

GARCÍA-LARA, S.; SERNA-SALDIVAR, S. O. Chapter 1 - Corn History and Culture. In: SERNA-SALDIVAR, S. O. (Ed.). **Corn** (Third Edition). Oxford: AACCI International Press, 2019. p.1-18. ISBN 978-0-12-811971-6.

GLUHIC, D. Primjena biostimulatora na bazi aminokiselina u poljoprivrednoj proizvodnji. **Glasnik zaštite bilja**, v. 43, n. 3, p. 38–46, 2020.

JIN L, CAI Y, SUN C, et al (2019) Exogenous l-glutamate treatment could induce resistance against *Penicillium expansum* in pear fruit by activating defense-related proteins and amino acids metabolism. **Postharvest Biology and Technology** 150:148–157. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2018.11.009>.

KHAN, A.S.; AHMAD, B.; JASKANI, M.J.; AHMAD, R.; MALIK, A.U. Foliar application of mixture of amino acids and seaweed *Ascophyllum nodosum* extract improve growth and physicochemical properties of grapes. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.14, n.3, p.383-388, 2012.

KONG D, JU C, PARIHAR A, et al (2015) Arabidopsis Glutamate Receptor Homolog3.5 Modulates Cytosolic Ca²⁺ Level to Counteract Effect of Abscisic Acid in Seed Germination. **Plant Physiology** 167:1630–1642. <https://doi.org/10.1104/PP.114.251298>.

KRENCHINSKI, F. H.; ALBRECHT, L. P.; KRENCHINSKI, L. R.; PLACIDO, H. F.; ALBRECHT, A. J. P.; MORENO, G.; FURTADO, R. C. N.; TESSELE, A. Utilização de bioestimulante organomineral no milho de segunda safra, cultivado no Oeste do Paraná. **Agrarian**. v. 7, n. 25, p. 468-473, 2014.

LEE, H., LEE, J., WI, S., JANG, Y., AN, S., CHOI, C., & JANG, S. (2021). Exogenously applied glutamic acid confers improved yield through increased photosynthesis efficiency and antioxidant defense system under chilling stress condition in *Solanum lycopersicum* L. cv. Dotaerang. **Dia. Scientia Horticulturae**, 277, 109817. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109817>.

LÓPEZ-BUCIO, J. S.; CRUZ, H. R. DE L. A.; ARTURO GUEVARA-GARCÍA A (2018) Glutamate Sensing in Plants. **Neurotransmitters in Plants** 231–240. <https://doi.org/>.

MAGALHAES, Paulo C.; DURÃES, Frederico OM. Fisiologia da produção de milho. 2006.

MARTINS, A. G.; SEIDE, E. P.; RAMPIM, L.; ROSSET, J. S.; PRIOR, M.; COPPO, J. C.; Aplicação de bioestimulante em sementes de milho cultivado em solos de diferentes texturas. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 4, p. 440-445, 2016.

MOHAMMADIPOUR, N., Souri MK (2019) Beneficial effects of glycine on growth and leaf nutrient concentrations of coriander (*Coriandrum sativum*) plants. **Journal of Plant Nutrition** 42:1637–1644.

MUKHERJEE, A.; PATEL, J. S. (2019) Seaweed extract: biostimulator of plant defense and plant productivity. **International Journal of Environmental Science and Technology** 2019 17:1 17:553–558. <https://doi.org/10.1007/S13762-019-02442-Z>.

NETTA, M. A.; DE MENEZES FILHO, A. C. P., BATISTA-VENTURA, H. R. F., DE ANDRADE, C. L. L., & VENTURA, M. V. A. (2022). Estímulo sobre a germinação e desenvolvimento inicial de milho cultivar AS 1820 com bioestimulante Stimullum®. **Brazilian Journal of Science**, 1(11), 100–107. <https://doi.org/10.14295/bjs.v1i11.220>.

PANDIAN, S., et al (2018) Global analysis of threonine metabolism genes unravel key players in rice to improve the abiotic stress tolerance. **Scientific Reports** 2018 8:1 8:1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27703-8>. quality of winter wheat. *Molecules* 23:470. <https://doi.org/10.3390/molecules23020470>.

PHILIPPE, F., VERDU I, MORÈRE-LE PAVEN MC, et al (2019) Involvement of *Medicago truncatula* glutamate receptor-like channels in nitric oxide production under short-term water deficit stress. **Journal of Plant Physiology** 236:1–6. <https://doi.org/10.1>.

PRATELLI, R., PILOT G (2014) Regulation of amino acid metabolic enzymes and transporters in plants. **Journal of Experimental Botany** 65:5535–5556. <https://doi.org/10.1093/JXB/ERU320>.

ROSSI, Stephanie et al. Glutamate acts as a repressor for heat-induced leaf senescence involving chlorophyll degradation and amino acid metabolism in creeping bentgrass. **Grass Research**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2021.

Rouphael, Y., Colla, G. (2020). Editorial: Biostimulants in Agriculture. **Frontiers in Plant Science**, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**. Raleigh, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SHARMA, H. S. S., FLEMING, C., SELBY, C., RAO, J. R., & MARTIN, T. (2014). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **Journal of Applied Phycology**. 26 (1), 465-490. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0101-9>.

SHUKLA, P. S., MANTIN EG, ADIL M, et al (2019) *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. **Frontiers in Plant Science** 10:655. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2019.00655/BIBTEX>.

Silva, D. F., de Melo Garcia, P. H., de Lima Santos, G. C., de Farias, I. M. S. C., de Pádua, G. V. G., Pereira, P. H. B., ... & Cabral, A. M. D. (2021). Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma

revisão. *Research, Society and Development*, 10(3), e12310313172-e12310313172.

SOUZA, L.P.; FRANCO JÚNIOR, K.S.; RIBEIRO, VM; BRIGANTE, G.P. Bioestimulante *Ascophyllum nodosum* na cultura do milho. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 2, pág. e21112240072, 2023.

STRAZZI, Sueli. Derivados do milho são usados em mais de 150 diferentes produtos industriais. **Visão Agrícola**, v. 13, n. 9, p. 146-150, 2015.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: 6. ed. Artmed, 888p, 2017.

TEGEDER, M. (2014) Transporters involved in source to sink partitioning of amino acids and ureides: Opportunities for crop improvement. **Journal of Experimental Botany** 65:1865–1878

TEGEDER, M., HAMMES UZ (2018) The way out and in: phloem loading and unloading of amino acids. **Current Opinion in Plant Biology** 43:16–21. <https://doi.org/10.1016/J.PBI.2017.12.002>

TEIXEIRA, W. F.; FAGAN, E. B.; SOARES, L. H.; UMBURANAS, R. C.; REICHARDT, K.; NETO, D. D. Foliar and seed application of amino acids affects the antioxidant metabolism of the soybean crop. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. March, p. 1–14, 2017.

TOYOTA, M., SPENCER D, SAWAI-TOYOTA S, et al (2018) Glutamate triggers long-distance, calcium-based plant defense signaling. **Science** 361:1112–1115. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAT7744/SUPPL_FILE/AAT7744S9.MP4.

VASCONCELOS, A. C. F. **Uso de Bioestimulantes nas culturas de milho e soja**. 2006. 112 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

WINTER, G., TODD CD, TROVATO M, et al (2015) Physiological implications of arginine metabolism in plants. **Frontiers in Plant Science** 6:534. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2015.00534/BIBTEX>.

WUDICK, M. M., PORTES MT, MICHARD E, et al (2018) CORNICHON sorting and regulation of GLR channels underlie pollen tube Ca²⁺ homeostasis. **Science** 360:533–536. <https://doi.org/10.1126/>.