



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

EDIVALDO BARBOSA DA SILVA

**INFLUÊNCIA DE FERTILIZANTE FOLIAR NO PORTE E NA PRODUTIVIDADE
DE VARIEDADES HÍBRIDAS DE MILHO**

AREIA

2024

EDIVALDO BARBOSA DA SILVA

**INFLUÊNCIA DE FERTILIZANTE FOLIAR NO PORTE E NA PRODUTIVIDADE
DE VARIEDADES HÍBRIDAS DE MILHO**

Trabalho de Graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia do Centro
de Ciências Agrárias da Universidade Federal da
Paraíba, em cumprimento às exigências para a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Naysa Flávia Ferreira
do Nascimento

AREIA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586i Silva, Edivaldo Barbosa da.

Influência de fertilizante foliar no porte e na
produtividade de variedades híbridas de milho /
Edivaldo Barbosa da Silva. - Areia, 2024.
35 f.

Orientação: Naysa Flávia Ferreira do Nascimento.
TCC (Graduação) - UFPB/cca.

1. Agronomia. 2. Segurança alimentar. 3. Adubação
foliar. 4. Brejo Paraibano. 5. Zea Mays L. I.
Nascimento, Naysa Flávia Ferreira do. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635 (02)

EDIVALDO BARBOSA DA SILVA

**INFLUÊNCIA DE FERTILIZANTE FOLIAR NO PORTE E NA PRODUTIVIDADE
DE VARIEDADES HÍBRIDAS DE MILHO**

Trabalho de Graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia do Centro
de Ciências Agrárias da Universidade Federal da
Paraíba, em cumprimento às exigências para a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 06/11/24.

BANCA EXAMINADORA

Naysa Flávia Ferreira do Nascimento

Prof. Dr.ª Naysa Flávia Ferreira do Nascimento
Orientadora-CCA/UFPB

Magaly Morgana Lopes da Costa

Magaly Morgana Lopes da Costa
Examinador – CCA/UFPB

Rubens Rangel Rolim

Rubens Rangel Rolim
Examinador – CCA/UFPB

A Deus e aos meus pais
(Eudes Heleno da Silva e Maria Bernadete Barbosa),
pois sem eles, este trabalho e muitos dos meus sonhos
não se realizariam.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao meu grandioso e majestoso Deus Jeová, que sempre tem cuidado de mim e da minha família, como também ao nosso Senhor Jesus Cristo, Filho de Deus, o qual me protege e me guarda em todos os dias da minha vida.

Aos meus pais (Eudes Heleno da Silva e Maria Bernadete Barbosa), por sempre torcerem por mim e pelo meu sucesso.

Aos meus irmãos (Edneuza Barbosa, Edenilson Barbosa, Helenilson Barbosa, Eduardo Barbosa, Edylane Barbosa, Erivaldo Barbosa e Leandro Barbosa) por tudo q fizeram por mim e, especialmente minha irmã (Edjane Barbosa Moraes de Sousa) e seu esposo (Glauco Moraes de Sousa) que não mediram esforços para me ajudar.

Aos meus amigos que tenho como irmãos Wellington dos Santos Junior, João Antônio de Oliveira e Lucas Alves Araruna. Agradeço também aos meus amigos (Rhadija Sousa, Esthefane, Joel, Joseane, Josiele, Jonatha) que sempre estiveram comigo nesta caminhada me auxiliando nos momentos difíceis. Também sou grato aos meus amigos Kelson Carvalho, Luis Nunes e Silvio Lisboa, que me ajudaram bastante no meu experimento.

Agradeço também a todos os meus professores do curso de Agronomia que contribuíram para a minha formação profissional, em especial, a Prof^a. Dr^a. Naysa Flávia, que vem me ajudando desde o início e não mediu esforço para ser minha orientadora.

Agradeço aos membros da banca examinadora (Magaly Morgana Lopes da Costa e Rubens Rangel Rolim) por terem aceitado o convite em contribuir com seus conhecimentos para com este trabalho.

Por fim, agradeço a Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, casa que foi meu lar durante longos anos e me preparou para o futuro da profissão que almejei.

Agradeço a todos, que de forma direta ou indireta, contribuíram para o sucesso dessa pesquisa e da minha história acadêmica no curso de Agronomia.

MEU MUITO OBRIGADO!

RESUMO

No Nordeste do Brasil, a produtividade de milho ainda é baixa, especialmente pelos fatores ambientais, como a seca, que interferem negativamente. O uso de híbridos e fertilizantes foliares surgem como uma forma de aumentar seu desempenho produtivo. Diante do exposto, o presente trabalho objetivou, avaliar a resposta na utilização de fertilizante foliar a base de N, B, Mo e Zn no porte e no rendimento produtivo em variedades híbridas de milho e a interação entre os híbridos. O estudo foi realizado na área agrícola da Fazenda Experimental Chã de Jardim, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), Areia - PB. Foram utilizados seis híbridos de milho (AG1051 da Agroceres, AS1868 da Agroeste, K9555 da KWS Sementes, DKB356 da Dekalb, MC20 da Embrapa e B2612PWU da Brevant), em semeadura, com população de 55.000 plantas/hectare. Aos 30 e 45 dias após a semeadura os fertilizantes foliares com macronutrientes e micronutrientes foram aplicados diretamente nas folhas das plantas de milho. Cerca de 70 dias após a semeadura, as seis variedades híbridas foram avaliadas quanto à altura da planta, altura até a primeira espiga, diâmetro do colmo, número de internódios, comprimento e largura da folha, comprimento da espiga, diâmetro da espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, peso de 1000 grãos e, produtividade. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com 20 repetições, sendo dez plantas utilizadas como controle, as quais não foram aplicados fertilizantes e dez plantas onde foram aplicados. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Não houve efeito significativo de acordo com o teste F entre os tratamentos com ou sem a utilização do fertilizante foliar, para nenhuma característica avaliada. Entretanto, houve diferenças significativas em relação as variedades híbridas para todas as características vegetativas e para as características, comprimento da espiga, número de fileiras por espigas e diâmetro da espiga. Entre os híbridos investigados, o AG1051 se destacou entre os demais quando utilizado o fertilizante foliar. Ainda, os híbridos B2612PWU e AS 1868 se mostraram eficientes, com boa possibilidade de utilização juntamente com a variedade AG1051 nos cultivos da Paraíba, mesmo não havendo diferença significativa entre os tratamentos foi possível observar um ganho de aproximadamente 468 kg/ha e com isso devemos nos perguntar se para o produtor não vale a pena usar o produto mais milho.

Palavras-chave: segurança alimentar; adubação foliar; brejo paraibano; *Zea mays* L.

ABSTRACT

In Northeastern Brazil, corn productivity is still low, especially due to environmental factors, such as drought, which negatively interfere. The use of hybrids and foliar fertilizers emerge as a way to increase its productive performance. Given the above, this study aimed to evaluate the response of the use of foliar fertilizer based on N, B, Mo and Zn on the size and productive yield of hybrid corn varieties and the interaction between the hybrids. The study was carried out in the agricultural area of the Experimental Farm Chã de Jardim, belonging to the Center of Agricultural Sciences of the Federal University of Paraíba (CCA/UFPB), Areia - PB. Six corn hybrids were used (AG1051 from Agrocere, AS1868 from Agroeste, K9555 from KWS Sementes, DKB356 from Dekalb, MC20 from Embrapa and B2612PWU from Brevant), in sowing, with a population of 55,000 plants/hectare. At 30 and 45 days after sowing, foliar fertilizers with macronutrients and micronutrients were applied directly to the leaves of the corn plants. Approximately 70 days after sowing, the six hybrid varieties were evaluated for plant height, height to the first ear, stem diameter, number of internodes, leaf length and width, ear length, ear diameter, number of rows per ear, number of grains per row, number of grains per ear, 1000-grain weight and productivity. The design used was randomized blocks, with 20 replicates, with ten plants used as control, to which fertilizers were not applied and ten plants where they were applied. The data were subjected to analysis of variance and the means were compared according to the Tukey test at 5% probability. There was no significant effect according to the F test between the treatments with or without the use of foliar fertilizer, for any characteristic evaluated. However, there were significant differences in relation to the hybrid varieties for all vegetative characteristics and for the characteristics, ear length, number of rows per ear and ear diameter. Among the investigated hybrids, AG1051 stood out among the others when foliar fertilizer was used. Furthermore, the hybrids B2612PWU and AS 1868 proved to be efficient, with good possibility of use together with the AG1051 variety in crops in Paraíba. Even though there was no significant difference between the treatments, it was possible to observe a gain of approximately 468 kg/ha and with that we must ask ourselves if it is not worth it for the producer to use the product more corn.

Keywords: food security; foliar fertilization; Paraíba swamp; *Zea mays* L.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Precipitação pluviométrica (PPT), umidade relativa do ar (UR), temperatura máxima (T_{máx}) e mínima (T_{min}) na área de estudo durante todo o ciclo da cultura 18
- Figura 2** – Croqui da área experimental para aplicação de fertilizante em seis variedades híbridas de milho (*Zea Mays* L.) 22
- Figura 3** – Desempenho médio de quatro características observadas em seis variedades híbridas de milho (*Zea Mays*) Brasil, 2022 24
- Figura 4** – Comparação média de seis variedades híbridas de milho para as características de altura de planta (AT), altura até a espiga (ATE) e diâmetro de colmo (DC) 25
- Figura 5** – Comparação média de seis variedades híbridas de milho para as características de número de internódios (NI), comprimento da folha (CF) e número de grãos por espiga (NGPE) 26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Garantias do fertilizante foliar utilizado no experimento	20
Tabela 2 – Quadrados médios da análise de variância para 14 características vegetativas e produtivas em variedades híbridas de milho	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

g Gramas

L Litros

ha Hectares

m Metros

cm Centímetros

N Nitrogênio

B Boro

Mo Molibdênio

Zn Zinco

t Toneladas

% Porcentagem

kg Quilos

PPT Precipitação

UR Umidade relativa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
	2.1 DESCRIÇÃO BOTÂNICA	13
	2.2 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA	14
	2.3 HIBRIDAÇÃO	15
	2.4 FERTILIZAÇÃO FOLIAR.....	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
	3.1 ÁREA DE ESTUDO	19
	3.2 MATERIAL VEGETAL E MANEJO	19
	3.3 VARIÁVEIS ANALISADAS.....	21
	3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	22
4	RESULTADOS	24
5	DISCUSSÃO	28
6	CONCLUSÕES	30
	REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

A busca pela produção de alimentos sem comprometer drasticamente a saúde do solo, a biodiversidade, o uso da água e o abastecimento de alimentos é incansável (Wang, 2022; Ahmad *et al.*, 2022). Atualmente, o Brasil está a quem, no que diz respeito a uma agricultura sustentável voltada a preservação dos biomas regionais, isso ocorre, pela baixa disseminação de trabalhos, como observado no estudo de Buainain *et al.* (2018) e Buainain *et al.* (2020), para moderar os efeitos da expansão agrícola (Drumond *et al.*, 2000; Araújo *et al.*, 2021).

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas alimentares mais importantes do mundo. Em continentes como Ásia, África, América Latina e América do Sul, é um os principais alimentos da dieta humana. Enquanto na Europa e América do Norte, ele desempenha um papel importante na pecuária, contribuindo para a produção de proteína animal (Ocwa *et al.*, 2023). Devido a sua vasta utilização tanto para consumo humano quanto para a nutrição animal além da fácil adaptação, desempenha um papel essencial na segurança alimentar mundial, especialmente diante o aumento populacional estimado em mais de 9 bilhões até 2050.

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores, atrás apenas dos Estados Unidos e da China (Yemelyanov *et al.*, 2023). No Nordeste do Brasil, o milho, além de ser fonte alimentar e de renda, é uma parte integrante da cultura e da identidade do povo Nordestino. Tendo seu cultivo e manejo transmitido de geração em geração. No estado da Paraíba a produtividade média é inferior a 1.000 kg ha⁻¹, enquanto a média do nordeste gira em torno de 3.000 kg ha⁻¹ e a nacional 5.000 kg ha⁻¹, tornando a produtividade do Estado bastante baixa se comparado a média da região e do país (Coelho, 2020; Conab, 2021a; Conab, 2023). Vários fatores estão diretamente relacionados à essa baixa produtividade, dentre os quais podemos citar a densidade populacional, plantio fora do período adequado, uso de cultivares com baixa aptidão genética e não adaptadas, manejo inadequado de pragas e doenças e, carências nutricionais (Baum *et al.*, 2020; Revilla *et al.*, 2021; Djaman *et al.*, 2022).

No entanto, para que a cultura continue sendo importante e vista como uma solução sustentável para a alimentação global, é necessário produzi-la de maneira responsável, utilizando métodos que preservem o meio ambiente e que garantem a disponibilidade de alimentos com elevada qualidade nutricional para futuras gerações (Silva Júnior *et al.*, 2024). Para tanto se faz necessário, a adoção de práticas agrícolas que associem a alta produtividade com a preservação dos recursos naturais, assegurando a sustentabilidade a longo prazo.

O uso de fertilizantes foliares, tem se consolidado como uma técnica eficiente para aumentar o porte e a produtividade de diversas culturas, ao fornecer uma suplementação

adequada de nutrientes através das folhas (Kappes *et al.*, 2013). É uma prática que se destaca atualmente na agricultura não apenas por corrigir rapidamente deficiências nutricionais, mas também por distribuir os nutrientes de forma eficiente e sustentável, contribuindo para o manejo mais responsável dos recursos agrícolas (Espada, 2021). Entre as culturas que mais utilizam fertilizantes foliares, estão, a soja, o milho, a cana-de-açúcar, o café e o algodão, que juntas correspondem a 75% do consumo total desses fertilizantes (Benites, 2010).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou, avaliar a resposta na utilização de fertilizante foliar base de N, B, Mo e Zn no porte e no rendimento produtivo em variedades híbridas de milho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DESCRIÇÃO BOTÂNICA

O milho (*Zea Mays* L.) é uma espécie domesticada no México cerca de 7500 e 12000 anos, da família Poaceae, ordem Poales, subfamília Panicoideae, tribo Maydeae (Devesh *et al.*, 2023). É uma planta herbácea considerada anual, com ciclo de quatro a cinco meses, possui um sistema radicular fasciculado do tipo adventício, que pode atingir até 3,0 metros de profundidade, além de raízes do tipo escora que auxiliam na fixação e absorção de sais minerais das plantas ao solo (Silva *et al.*, 2021; Moldávia *et al.*, 2022). Seu caule é do tipo colmo, reto, composto por nós e entrenós, com distribuição diferenciada das folhas superiores, e as folhas são largas e longas (Xue *et al.*, 2020).

De acordo com o sistema reprodutivo, o milho possui flores classificadas como monóicas, com órgãos sexuais masculinos e femininos, em locais diferentes na planta. As flores masculinas estão localizadas no topo da planta, numa estrutura denominada de pendão, já as flores femininas, estão localizadas mais abaixo, na espiga, que se desenvolve nas axilas das folhas (Khudaykulov *et al.*, 2023). A fertilização dos óvulos ocorre entre 12 e 36 horas após a polinização, cerca de 60 dias após a polinização, a espiga está totalmente desenvolvida (Silva *et al.*, 2021).

Cada estágio vegetativo é definido de acordo com a formação visível do colar, na inserção da bainha da folha com o colmo. Já os estádios reprodutivos, são definidos avaliando a porção mediana da espiga, com base no desenvolvimento e consistência dos grãos (Fancelli, 2015). As plantas de milho apresentam 13 estádios distintos, durante as fases vegetativas (V) e reprodutivas (R) (Magalhães; Durães 2002). Os estádios vegetativos começam com VE - Germinação e Emergência, seguido por V1, quando a primeira folha se desenvolve. No estágio V2, a planta começa a se alongar, enquanto em V3, três folhas já estão formadas. No estágio V4, a bainha da folha começa a se desdobrar, e em V5, o colmo está completamente formado. Em V6, o primeiro nó no colmo surge, seguido por V7, quando o segundo nó aparece e sete folhas estão em desenvolvimento. No estágio V8, a última folha visível ainda está enrolada, e em V9, a lígula da última folha se torna visível. O estágio V10 marca o início do crescimento rápido, e o estágio VT é caracterizado pela emissão do pendão. Os estádios reprodutivos começam com R1, que inclui a floração e a polinização. Em R2, os grãos assumem o formato de bolhas de água, enquanto no estágio R3, os grãos estão em estado leitoso. Em R5, os grãos passam para a fase farinácea, e finalmente, no estágio R6, os grãos atingem a maturidade e ficam duros (Nunes, 2020).

Para cada estágio de desenvolvimento do milho, um bom manejo deve ser realizado, desde práticas culturais como remoção de plantas daninhas e controle de pragas e doenças, até a irrigação e adubação.

2.2 IMPORTANCIA SOCIOECONÔMICA

O milho (*Zea mays* L.) possui centro de origem nas Américas sendo uma das culturas mais importantes para economia mundial, não apenas por ser alimento básico em muitos países, mas também por seu valor cultural e seu papel nos costumes tradicionais de diversas regiões. Utilizado amplamente na alimentação humana e animal, seu aproveitamento varia entre 70% a 90%, dependendo da demanda e da extensão territorial de cada país. Além de seu papel cultural e nutricional, o milho se destaca como uma importante cultura agrícola, sendo cultivado em aproximadamente 205,901 milhões de hectares ao redor do mundo, com um rendimento médio de 5,95 t ha⁻¹ (Kachapur *et al.*, 2023).

Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor atrás de China e Estados Unidos e considerado principal exportador dessa cultura (Giusti *et al.*, 2023). No ano de 2024, o Brasil apresenta perspectivas de área plantada de 21,05 milhões de hectares e uma produtividade de 5.701 Kg ha⁻¹ atingindo uma produção de 119,73 milhões de toneladas, superando a produção anterior (115,70 milhões de toneladas), ou 3,37% superior se comparado ao mesmo período (Conab, 2024).

A versatilidade de produtos gera empregos diretos e indiretos principalmente para agricultura familiar, auxiliando no desenvolvimento econômico e social do país (Abhrhám *et al.*, 2021). Na região Nordeste do Brasil, o milho é cultivado tradicionalmente por pequenos agricultores e apresenta grande importância cultural, social e econômica. Sua importância se dá, por ser uma cultura de manejo relativamente simples, tolerante às condições edafoclimáticas da região, servindo de matéria prima, para a ração animal e para a produção de diversos produtos para consumo humano (Carvalho *et al.*, 2024). Nesta região, as expectativas para a safra 2023/24 em área, produtividade e produção, são de 9,660 milhões de hectares, 2,921 mil kg ha⁻¹ e 28,21 milhões de toneladas (Conab, 2024).

Entre os estados Nordestinos a Paraíba se destaca, uma vez que o milho é uma das principais culturas agrícolas produzida no estado. No entanto, apesar de seu valor cultural e econômico, a qualidade e a produtividade do milho paraibano têm reduzido nos últimos anos devido a uma série de fatores bióticos e abióticos. Podemos citar alguns dos fatores responsáveis por essa redução, densidade do plantio, uso inadequado de plantas geneticamente

modificadas, manejo e adubação inadequada, falta do uso de fertilizantes, infestações de pragas, ocorrências de doenças (Revilla *et al.*, 2021; Djaman *et al.*, 2022). Além desses, as oscilações climáticas como a baixa pluviosidade e o aumento das temperaturas, têm limitado o desenvolvimento adequado da cultura (Lopes *et al.*, 2019; Bernini *et al.*, 2020).

Essas condições adversas ressaltam a necessidade de adoção de práticas agrícolas sustentáveis (Araújo *et al.*, 2021). O manejo adequado do solo, a escolha de cultivares adaptadas e com boa aptidão genética, e o manejo nutricional, são algumas das alternativas que podem contribuir para a recuperação da produtividade do milho na Paraíba.

2.3 HIBRIDAÇÃO

Nos últimos anos, o melhoramento genético tem sido muito utilizado para auxiliar no aumento produtivo e sustentável do milho e de demais culturas, muitas tecnologias foram desenvolvidas para melhorar características desejáveis, como estresse ambiental e resistência a pragas e doenças, bem como a qualidade nutricional (Hossain *et al.*, 2023). A hibridação, foi um dos primeiros grandes avanços no melhoramento do milho, permitindo que os produtores cultivassem plantas com maior vigor, uniformidade e produtividade.

A hibridação no milho é um processo essencial na agricultura moderna, consiste numa técnica do melhoramento, onde o pólen de uma planta é transferido para o estigma de outra planta, com o objetivo de combinar as melhores qualidades dos parentais (Carvalho *et al.*, 2003). As primeiras cultivares híbridas de milho foram desenvolvidas com base em métodos tradicionais de melhoramento, entretanto, com o avanço da biotecnologia, ferramentas mais eficientes começaram a se mostrar úteis quanto ao tempo de desenvolvimento de novas cultivares (Hasan *et al.*, 2021).

No desenvolvimento de híbridos de milho, a biotecnologia tem desempenhado um papel fundamental, proporcionando melhorias significativas na produtividade, resistência a pragas, doenças, estresse hídrico e mudanças climáticas, além de uma melhor eficiência no uso de nutrientes (Bonfiglio, 2023). Ainda, entende-se que o melhoramento tem contribuído para o desenvolvimento de cultivares mais produtivas, no entanto, mais exigentes em nutrientes, e isso ocorre pela maior capacidade de produção de biomassa e grãos, exigindo maior absorção de recursos do solo (Govindasamy *et al.*, 2023).

O desenvolvimento de cultivares de milho é essencial para atender à crescente demanda global por alimentos, rações e bioenergia, desempenhando um papel crucial na promoção da segurança alimentar e econômica (Morais, 2021). Segundo Durães (2023), o Brasil registra

mais de 6.000 cultivares de milho, resultado de diferentes estratégias de melhoramento, que vão desde métodos convencionais, como cruzamentos e seleção, até técnicas avançadas, como engenharia genética e edição genômica (CRISPR). O foco principal está na seleção de genes que proporcionem maior desempenho agrônômico e melhor qualidade dos grãos.

Com o avanço da tecnologia, cultivares transgênicas, como BRS3042 e VTPRO2 (Embrapa) e B2401 PWU e B2620 (Brevant), têm se tornado cada vez mais comuns devido à sua eficiência na resistência a estresses bióticos e abióticos. A utilização consciente e responsável de variedades transgênicas de milho, não só aumentam a eficiência produtiva, mas também contribuem para a sustentabilidade agrícola, reduzindo a dependência de insumos químicos e ajudando a enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela demanda crescente por alimentos (Valois, 2001).

O mercado já conta com cultivares tolerantes a doenças de grande importância para a cultura, bem como resistentes ao estresse hídrico e à seca (Salesse-Smith et al., 2020). Essas inovações são fundamentais para lidar com os desafios climáticos e ambientais enfrentados pela agricultura moderna. Na safra 2022/2023, 79,6% dos híbridos disponíveis para os produtores exigem alto nível tecnológico, enquanto 16,3% demandam níveis médio/alto de tecnologia, evidenciando o elevado padrão técnico necessário para o cultivo de milho atualmente. Além disso, o mercado consumidor de milho verde tem se tornado cada vez mais exigente em relação à qualidade do produto. Essa evolução nas preferências dos consumidores impulsiona as empresas produtoras de sementes a desenvolver cultivares que atendam a novos padrões de consumo, promovendo a diversificação e a melhoria contínua do setor.

2.4 FERTILIZAÇÃO FOLIAR

A busca por formas de produzir alimentos de maneira sustentável, sem comprometer significativamente a saúde do solo, a biodiversidade, os recursos hídricos e o abastecimento tem se tornado uma prioridade (Wang, 2022; Ahmad *et al.*, 2022). Nesse contexto, as técnicas de adubação foliar tem sido destaque em pesquisas, diante suas vantagens em alta produção com menor impacto ambiental. Essas técnicas reduzem perdas por lixiviação e escoamento, comuns no uso de fertilizantes convencionais (Fageria *et al.*, 2009; Karthik & Maheswari, 2021). Diferente da aplicação via solo em que o transporte dos nutrientes ocorre pelo xilema, o via foliar são transportados pelo floema e, após atingir esse vaso, os nutrientes são transportados aos órgãos drenos e metabolizados (Valkoinen; Ding, 2023). Essa técnica se destaca na agricultura moderna não apenas por corrigir rapidamente deficiências nutricionais, mas também por distribuir os nutrientes de forma eficiente e sustentável (Espada, 2021).

As aplicações foliares devem ser cuidadosamente planejadas, levando em consideração fatores como o estágio de desenvolvimento das plantas, as condições climáticas e as necessidades nutricionais específicas, buscando garantir a eficácia e a sustentabilidade do cultivo. Além disso, os fertilizantes foliares podem complementar a adubação convencional, otimizando o desenvolvimento da planta em diferentes estágios de crescimento (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2022).

O uso de fertilizantes foliares na cultura do milho, bem como em outras culturas de importância agrícola, tem se destacado como uma estratégia eficaz para maximizar a produtividade e a eficiência nutricional das plantas, sendo aplicados diretamente nas folhas, permitindo uma rápida absorção de nutrientes, que pode ser especialmente benéfica durante períodos críticos de desenvolvimento, como o florescimento e o enchimento de grãos (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2022). A aplicação foliar é particularmente útil em situações de estresse hídrico ou quando há falta de nutrientes que podem não ser suficientes do composto do solo, preparando a planta para períodos de adversidades bióticas e abióticas. O fertilizante foliar fornece importantes macro e micronutrientes como suplementos, como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), zinco (Zn) e manganês (Mn), que afetam de forma positiva o crescimento e a produtividade das culturas de milho (Toor *et al.*, 2020; Ishfaq *et al.*, 2022).

As exigências nutricionais da cultura do milho variam de acordo com as fases de desenvolvimento. Na fundação, geralmente é realizada uma adubação fosfatada, o fósforo é essencial para o desenvolvimento radicular e processos energéticos, como o transporte de ATP. Durante os estágios de crescimento entre V3 e V8, tem-se uma intensa demanda por nutrientes, nessa fase, o fornecimento inadequado de nitrogênio (N), é um dos principais fatores limitantes ao rendimento de grãos, pois, é o período em que o nitrogênio exerce papel essencial nos processos bioquímicos da planta, como a síntese de proteínas e clorofila (Taiz e Zeiger, 2009). Portanto, o planejamento adequado da adubação, ajustado às necessidades nutricionais de cada fase de desenvolvimento do milho, são essenciais para garantir altos rendimentos e eficiência no uso dos recursos.

Entre os fertilizantes foliares disponíveis no mercado e muito utilizados na cultura, destaca-se o 'Mais milho', um fertilizante mineral desenvolvido especialmente para o cultivo de milho com o objetivo de aumentar tanto a quantidade quanto à qualidade da safra colhida. Apresentando em sua formulação nutrientes essenciais como nitrogênio (N), boro (B), molibdênio (Mo) e zinco (Zn). A utilização do Mais milho se torna uma possibilidade interessante ao produtor, pois, pode resultar em incrementos significativos na produtividade,

além de possibilidade de melhoria das plantas quanto a resistência aos estresses abióticos, além de melhorar a exigência nutricional da cultura.

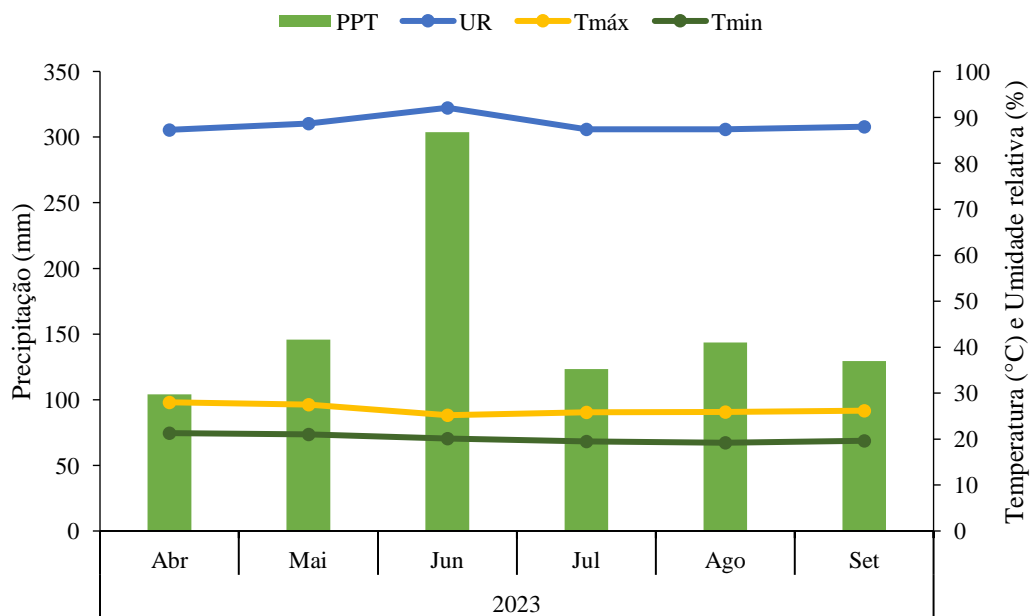
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Entre abril de 2023 e setembro de 2023, o estudo foi realizado no setor agrícola da área Experimental Chã-de-Jardim (6° 57' 42" S, 35° 41' 43" W e a altitude 573 m), da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, na cidade de Areia, Paraíba, Brasil. O município de estudo possui clima AW, caracterizado por temperaturas quentes e úmidas e precipitações anuais entre 1000 e 1400 mm (Ribeiro *et al.*, 2018).

Na Figura 1, se encontram os dados de precipitação (PPT), umidade relativa (UR) e temperaturas (máxima e mínima) que foram registrados durante toda a condução experimental.

Figura 1 – Precipitação pluviométrica (PPT), umidade relativa do ar (UR), temperatura máxima (Tmáx) e mínima (Tmin) na área de estudo durante todo o ciclo da cultura.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Inmet (2023).

3.2 MATERIAL VEGETAL E MANEJO

Foram utilizadas seis variedades híbridas de milho, AG1051, AS1868, K9555, DKB356, MC20 e B2612PWU.

Híbrido da Agrocere AG1051: possui ciclo semi-precoce, com florescimento entre 83 e 89 dias, e maturação fisiológica entre 133 e 139 dias. A planta fica alta, com excelente empalhamento e boas características para silagem e produção de grãos, sendo indicada para regiões de clima quente, ameno e até frio. Possui flexibilidade na época de plantio, com recomendação para as safras de verão e safrinha. Além de possuir muita massa verde com alta digestibilidade, sendo um dos mais utilizados, no mercado para a produção de pamonha e milho verde.

Híbrido da Agroeste AS1868: apresenta boa produtividade em diversos ambientais de cultivo, com estabilidade e sanidade foliar, com uniformidade de plantas e espiga. Apresenta ciclo precoce, com altura da planta e da espiga de 267 cm e 145 cm respectivamente, com maturidade relativa em torno de 138 dias e cor de grãos alaranjados.

Híbrido da KSW Sementes K 9555: apresenta um ciclo médio com altura da planta em torno de 240 a 260 cm, com 18 a 20 fileiras de grãos por espiga e inserção da espiga de aproximadamente 140 a 155 cm. Apresenta ainda arquitetura considerada semiereta, com peso de 1000 grãos em torno de 345 gramas e cor de grãos alaranjados.

Híbrido da Dekalb DKB 356: apresenta maturidade relativa em torno de 136 dias, com floração feminina e masculina ocorrendo em 64 dias após o plantio, e altura da planta e da espiga de 272 cm e 145 cm, respectivamente. Além disso, apresenta peso de 1000 grãos de aproximadamente 377 gramas e as plantas tem arquitetura recurvada.

Híbrido da Embrapa MC 20: apresenta sanidade foliar e resistência, com porte médio e alturas de plantas que variam entre 240 a 270 cm, e de espiga entre 120 a 130 cm. Ainda, apresenta maturidade fisiológica intermediária, com ciclo médio entre 120 a 130 dias, sendo considerado um híbrido com precocidade relativa.

Híbrido da PWU Brevant Sementes B2612 PWU: apresenta alto potencial produtivo, boa adaptação e tolerância a estiagem, com ciclo precoce. Ainda, apresenta altura da planta e da espiga em torno de 219 cm e 117 cm, respectivamente.

Antes do plantio, foi realizado o preparo da área com calagem (70% de calcário e 30% de gesso), aplicando 2,5 toneladas e incorporado a 15 cm com uso de uma grade intermediária. Para o plantio foi utilizada, uma semeadora/adubadora do tipo Massey Ferguson MF104 com 4 linhas com espaçamento de 80 cm. No momento do plantio, foi utilizado adubação de fundação, fazendo uso de super triplo como fonte de fósforo (P + S + Ca) na dose de 150 kg ha⁻¹. Já em

cobertura, utilizou-se 80 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio como fonte de potássio (K) e 150 kg de ureia como fonte de nitrogênio (N).

O produto utilizado é um fertilizante foliar misto voltado para a cultura do milho, o qual foi aplicado via adubação foliar, fornecendo nutrientes como N (552 g), B (5,6 g), Mo (5,6 g) e Zn (32 g). Ainda, foi utilizado a recomendação do produto pelo fabricante (1 a 5 L por ha), sendo utilizado neste estudo em torno de 2 L por hectare.

Na Tabela 1, estão apresentadas as garantias do fertilizante mineral misto utilizado na adubação foliar.

Tabela 1. Garantias do fertilizante foliar utilizado no experimento.

Garantias	P/P%	P/V g/L
Nitrogênio (N)	23,0%	276,0
Boro (B)	0,2%	2,8
Molibdênio (Mo)	0,23%	2,8
Zinco (Zn)	1,4%	16,0

Fonte: Newcrops fertilizantes.

3.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

Durante a condução experimental, para observar a resposta dos híbridos frente ao fertilizante foliar utilizado, foi avaliado o desempenho vegetativo e reprodutivo das plantas, utilizando vinte plantas por híbrido, destas dez plantas foram aplicados o fertilizante foliar e dez plantas não foram utilizados o fertilizante (tratamento controle). Foram avaliadas as seguintes características:

- ✓ Altura da planta (ALT): Foi mensurado através da distância da superfície do solo até a base do limbo da última folha (Piazzoli, 2012), realizado através do auxílio de uma trena.
- ✓ Altura até a primeira espiga (ATE): Foi determinado através da distância da superfície do solo até a primeira espiga (Santos *et al.*, 2002), realizado com o auxílio de uma trena.
- ✓ Diâmetro do colmo (DC): Determinado com base no segundo internódio, a partir da base da planta em sentido da saída das folhas do colmo (Piazzoli, 2012), sendo mensurado com o auxílio de um paquímetro digital.

- ✓ Número de internódios (NI): Foi mensurado através da contagem direta e visual de todos os internódios das plantas (Moreira, 2024).
- ✓ Comprimento e largura da folha (CF e LF): Foi mensurado o comprimento ao longo da nervura central e da máxima largura do limbo foliar (Mondo *et al.*, 2009), utilizando o auxílio de uma trena
- ✓ Comprimento da espiga (CE): Foi mensurado a distância entre o primeiro e o último grão da linha mais longa da espiga do milho (Carmo, 2023), utilizando o auxílio de uma régua graduada.
- ✓ Diâmetro da espiga (DE): Foi mensurado com base na amostragem da posição média da espiga (Carmo, 2023) utilizando um paquímetro digital.
- ✓ Número de fileiras por espigas, número de grãos por fileira e número grãos por espiga (NF, NGPF e NGPE): Foram avaliados através da contagem direta e visual (Carmo, 2023).
- ✓ Peso de 1000 grãos (PGE): Para essa avaliação, foi necessário realizar a debulhação das espigas por meio de debulhadora mecânica, os quais posteriormente foram selecionadas e eliminou-se para a pesagem os grãos com problemas, deixando-os apenas os inteiros. Ainda, foi realizado a contagem de 100 grãos selecionados, os quais foram pesados com uso de uma balança de precisão, e o peso estimado com base na Equação 1:

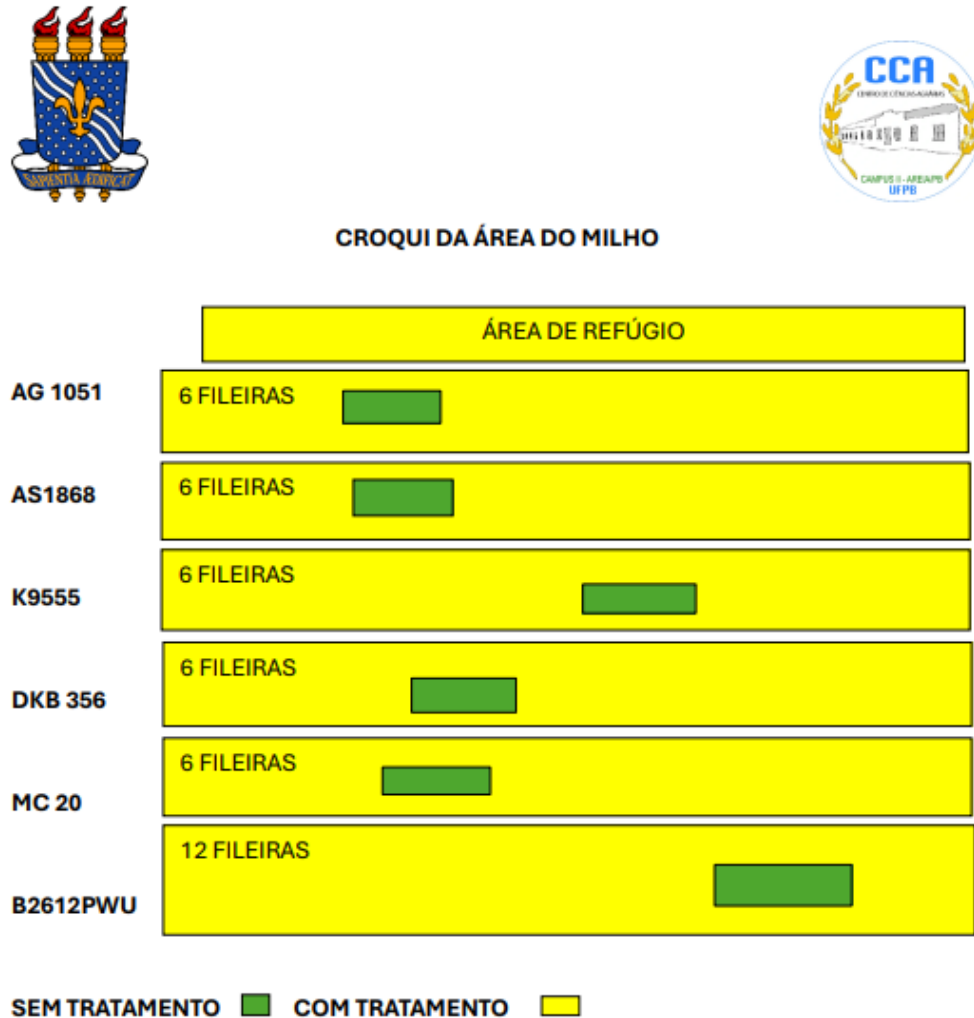
$$PMG = \frac{\text{Pesoamostrax}1000}{N^{\circ}\text{totaldesementes}} \quad \text{Equação 1.}$$

- ✓ Produtividade (P): A produtividade foi determinada com base no peso de todas as espigas da área útil de cada parcela, as quais foram debulhadas, pesadas e transformado o valor de g m⁻² para kg ha⁻¹ (Carmo, 2023).

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As variedades híbridas foram plantadas em faixas, com uma população em torno de 55 mil sementes por hectare. Na Figura 2, observa-se o croqui experimental.

Figura 2 – Croqui da área experimental para aplicação de fertilizante em seis variedades híbridas de milho (*Zea Mays* L.), Areia- Paraíba, 2023.



Fonte: Própria (2023).

Posteriormente a coleta dos dados, estes foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste F, e em seguida as médias foram agrupadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico GENES.

4 RESULTADOS

A análise de variância (ANOVA) evidenciou efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F em relação as variedades híbridas para todas as características vegetativas. Para as características reprodutivas foi observado efeito significativo a 1% de probabilidade apenas para as características, comprimento da espiga e número de fileiras por espigas. Houve efeito significativo a 5% de probabilidade apenas para a variável diâmetro da espiga (Tabela 2). Não houve efeito significativo de acordo com o teste F entre os tratamentos com ou sem a utilização do fertilizante foliar, para nenhuma característica avaliada.

Na interação variedades híbridas x tratamentos houve diferença estatística ($P \leq 0,01$) pelo teste F apenas para a variável diâmetro do colmo e a ($P \leq 0,05$) para altura de planta, altura até a primeira espiga, número de internódios, comprimento da folha e número de grãos por espiga (Tabela 2).

Tabela 2. Quadrados médios da análise de variância para 14 características vegetativas e produtivas em variedades híbridas de milho.

ns, **, * não significativo e significativo a 1% e 5% respectivamente, pelo teste F. Coeficiente de variação (CV). Com fertilizante foliar (FF) e sem fertilizante foliar (SFF).

Altura de planta (cm) - AT; Altura até a primeira espiga (cm) - ATE; Diâmetro do colmo (cm) -DC; Número de internódios (NI), Comprimento da folha (cm) - CF, Largura da folha (cm) -LF, Comprimento da espiga (cm) - CE, Diâmetro da espiga (cm) - DE, número de fileiras por espiga - NF, Numero de grãos por fileira - NGPF, Numero de grãos por espiga - NGPE, Peso de 1000 grãos - PGE e Produtividade - P.

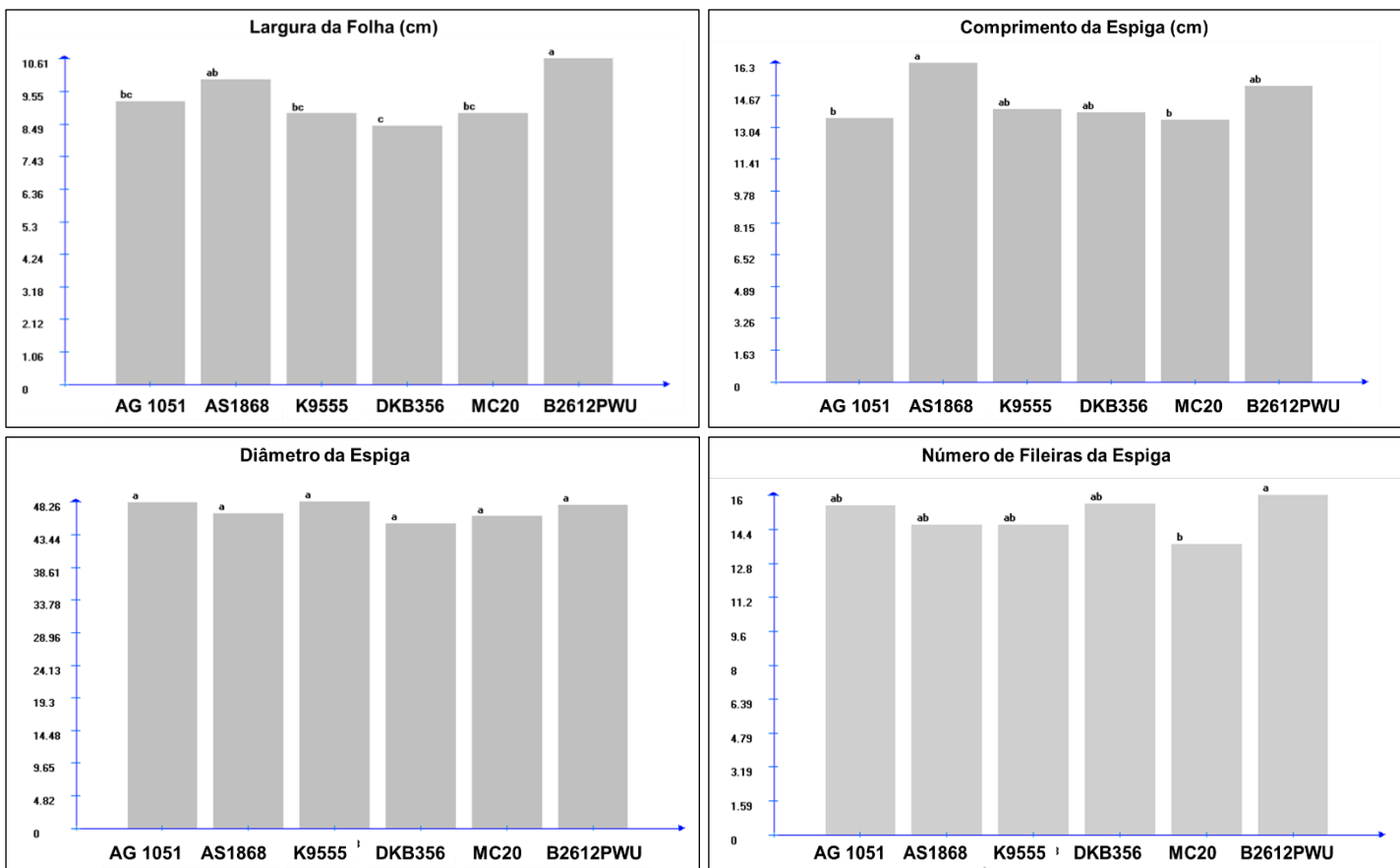
Variáveis	Fontes de Variância				Estatística Descritiva		
	Híbridos	Trat	H x Trat	CV%	Erro	FF	SFF
AT	3480.62**	0.075ns	701.46*	5.78	1.29	254.52	254.58
ATE	7493.62**	89.85ns	522.80*	12.60	2.81	108.14	106.41
DC	1.08**	0.105ns	0.32**	15.23	3.40	1.77	1.83
NI	8.90**	0.67ns	3.96*	8.30	1.85	14.27	14.12
CF	1558.90**	36.96ns	239.37*	9.54	2.13	89.41	88.30
LF	13.40**	1.14ns	0.57ns	11.18	2.5	9.21	9.41
CE	26.11**	7.80ns	8.22ns	14.49	3.24	14.59	14.08
DE	32.85*	15.39ns	20.04ns	7.37	1.64	4.73	4.66
NF	14.48**	4.8ns	2.8ns	10.98	2.45	15.2	14.8
NGPF	53.06ns	45.63ns	64.41ns	19.62	4.38	28.22	26.98
NGPE	30766.1ns	23913.6ns	29381.5*	22.18	4.96	428	400
PGE	1386.5ns	19.68ns	432.56ns	6.22	1.39	313.42	314.7
P	2124855.5ns	1.08ns	1369727.07ns	16.32	3.65	7404	6936

Fonte: Universidade Federal da Paraíba, 2024.

Quanto ao desempenho das variedades híbridas, de acordo com o teste de Tukey ($p < 0.05$), a variedade híbrida B2612PWU apresentou maior valor e diferiu estatisticamente das demais para a característica largura da folha (10.61cm) e número de fileiras por espiga (16). Para a característica comprimento da espiga a variedade híbrida AS 1868 foi estatisticamente superior as demais (16.3cm) (Figura 3).

Figura 3 – desempenho médio de quatro características observadas em seis variedades híbridas de milho (*Zea mays*) Areia-Paraíba, 2023.

Médias seguidas pelas mesmas letras entre as variedades não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

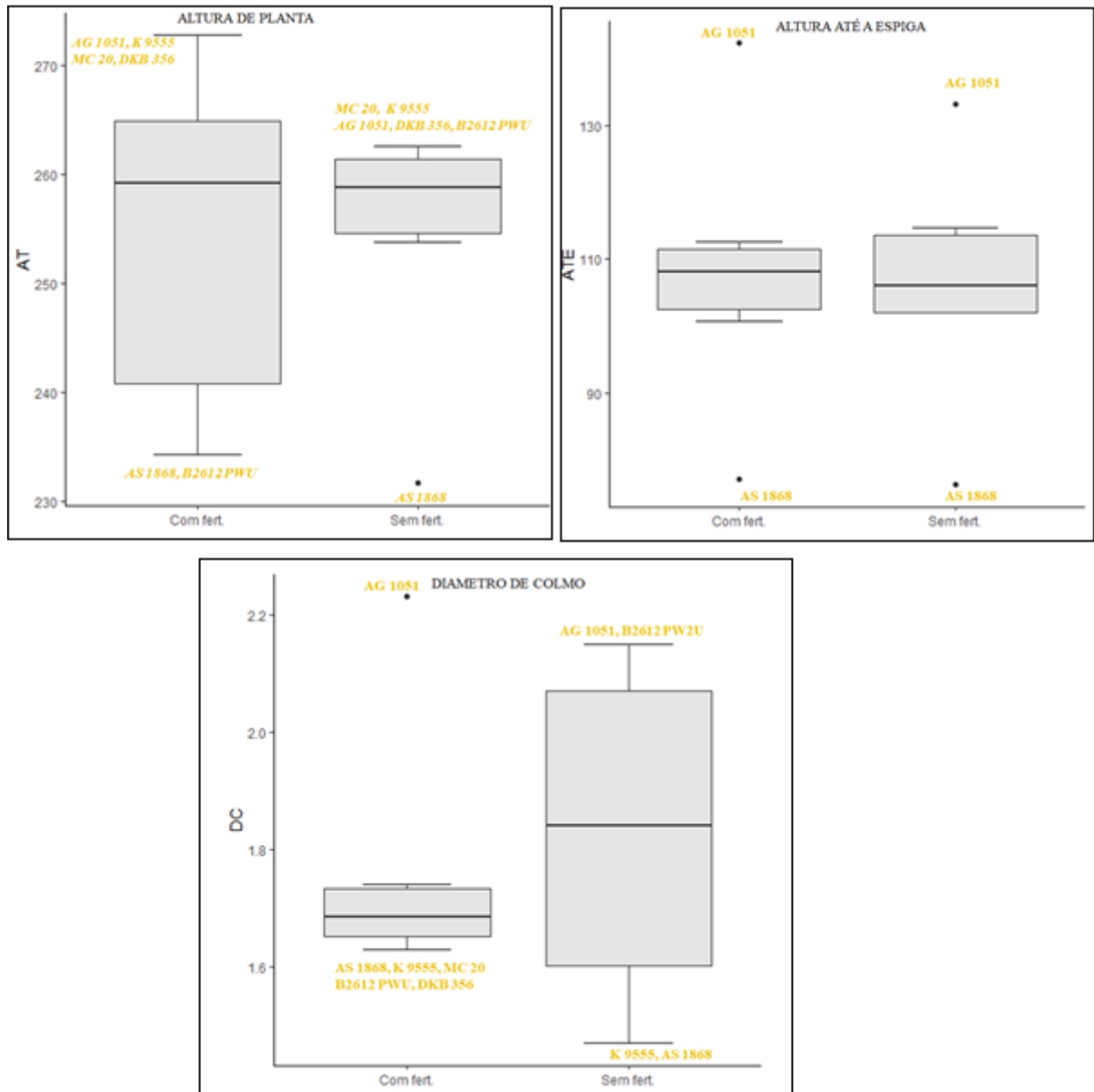


Fonte: Universidade Federal da Paraíba, 2024.

De acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para a variável altura de planta, entre as variedades híbridas estudadas apenas o genótipo AG 1051 apresentou maior altura de plantas (272.80 cm) com o uso do fertilizante. Sem fertilizante, a variedade híbrida B2612PWU apresentou os maiores valores para as características altura da planta (253.80 cm), altura até a primeira espiga (114.80cm) e diâmetro do caule (2.13cm). Para o diâmetro de colmo a variedade híbrida MC 20 também apresentou maiores valores sem o uso do fertilizante (1.89cm)

(Figura 4). Para as características supracitadas a variedade híbrida AS1868 foi estatisticamente inferior as demais (Figura 4).

Figura 4 – Comparação média de seis variedades híbridas de milho para as características de altura de planta (AT), altura até a espiga (ATE) e diâmetro de colmo (DC).



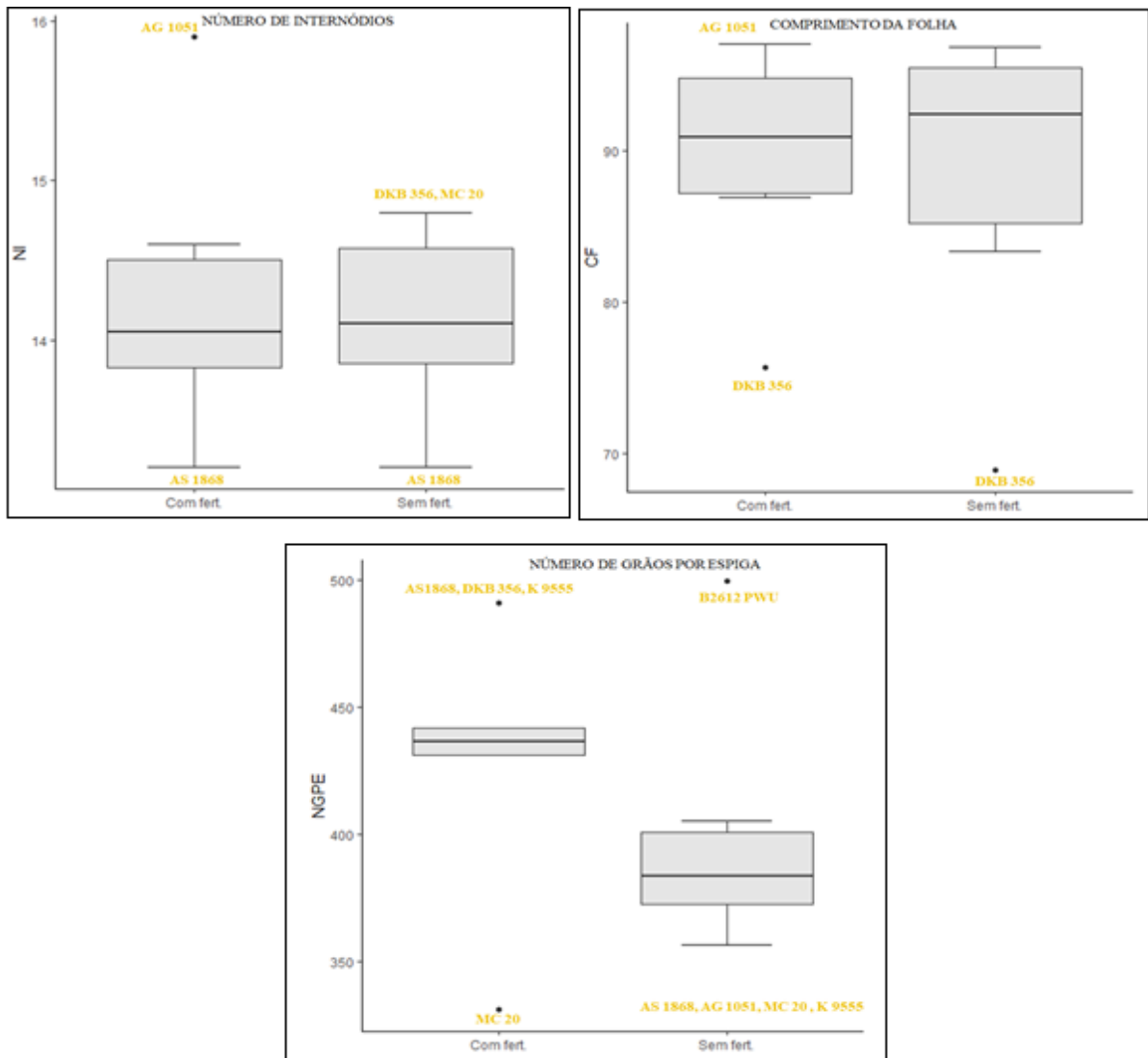
Fonte: Universidade Federal da Paraíba, 2024.

Para as variáveis número de internódios e comprimento da folha, entre as variedades híbridas estudadas, a AG1051 foi a única que, de acordo com o teste de Tukey ($p < 0.05$) apresentou efeito com o uso do fertilizante, se destacando com maiores valores 15.90 e 97 cm respectivamente. Comparando as variedades híbridas quando não foi utilizado o fertilizante

para a característica número de internódios a DKB356 (14.80) e MC20 (14.70) foram estatisticamente superiores os demais híbridos analisados (Figura 5). Para a característica comprimento da folha quando não foi utilizado fertilizante as variedades híbridas MC20 (95.90cm) e B2612PWU (96.80cm) foram superiores (Figura 5).

Para a variável número de grãos por espiga, a utilização do fertilizante favoreceu o maior número de grãos nas variedades híbridas AS1868 (491.20), e K9555 (441.40) e DKB356 (442.00). Já sem a aplicação do fertilizante a variedade que obteve maior número de grãos foi a B2612PWU (499.60), não diferindo estatisticamente das demais variedades híbridas analisadas (Figura 5).

Figura 5 – Comparação média de seis variedades híbridas de milho para as características de número de internódios (NI), comprimento da folha (CF) e número de grãos por espiga (NGPE).



5 DISCUSSÃO

A utilização do fertilizante foliar pode aumentar características agronômicas importantes em plantas de milho, como altura e diâmetro, fornecendo uma rápida absorção e uso de nutrientes que são absorvidos diretamente no metabolismo vegetal (Bindraban *et al.*, 2015). Diversos estudos já relataram os efeitos positivos da fertilização foliar em plantas de milho (Brankov *et al.*, 2020; Rácz *et al.*, 2021).

Neste estudo não foi constatado efeito significativo na média dos tratamentos com e sem fertilizantes, o que pode estar relacionado ao período de aplicação (fenofase) da planta (Brankov *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2022). Contudo, mesmo não havendo diferença significativa entre os tratamentos foi possível observar um aumento de 468 kg ha⁻¹ e, considerando um resultado próximo a 8 sacas de milho (cada saca em torno de R\$ 70,00 reais), houve um ganho de R\$ 560,00 reais por hectare. Além disso, ao levar em consideração o valor do produto utilizado no experimento (R\$ 40,00 reais), se observa um custo benefício de R\$ 520,00 reais por hectare. Dessa forma, para o produtor, a utilização do mais milho é viável, visto favorecer ao maior ganho de produtividade além do já esperado com as adubações normalmente utilizadas.

O milho híbrido, devido à sua variabilidade genética, responde de maneiras distintas às condições de solo e à aplicação de fertilizantes, especialmente na fase de crescimento vegetativo e produtivo (Ruff *et al.*, 2023). Variedades híbridas podem apresentar resposta diferencial ao uso de fertilizantes, esta é influenciada por diversos fatores genéticos e ambientais. Em programas de melhoramento objetiva-se a recomendação de cultivares que apresentem boa adaptação as condições ambientais e que possuam bom desempenho para as características de interesse, para assim indicar aos produtores (Rolim *et al.*, 2023).

Nossos resultados demonstram que a variedade híbrida AG1051 responde positivamente a um bom manejo, De acordo com Andrade *et al.* (2018), a resposta diferencial de um híbrido de milho pode estar relacionado ao seu elevado poder de produção de biomassa e sua adaptabilidade a diferentes condições ambientais. Os resultados obtidos neste estudo mostraram bom desempenho para características de altura da primeira espiga, diâmetro do caule, número de internódios, comprimento de folha com a aplicação do fertilizante foliar quando este híbrido foi comparado aos demais analisados.

Nossos resultados demonstraram que, a variedade híbrida B2612PWU apresentou maiores valores para a característica largura da folha e número de fileiras por espiga. A largura da folha é um parâmetro importante para a cultura, especialmente por afetar de forma positiva ou negativa a capacidade da planta de realização da fotossíntese (Yang *et al.*, 2022).

O número de fileiras por espigas é uma importante característica relacionada a resposta na produtividade da planta, visto que estar relacionado a quantidade total de grãos que uma espiga consegue produzir, e neste sentido, quanto maior o número de fileiras, maior será a densidade de grãos por espiga e aumento na produtividade (Gheith *et al.*, 2022). Já a variedade híbrida AS1868 se destacou entre as demais para a característica comprimento da espiga, o comprimento da espiga é uma variável importante e que pode afetar a produtividade do milho, tendo em vista que, quanto maior for o comprimento, maior será o número de grãos a serem formados na espiga (Goes *et al.*, 2012; Mortate *et al.*, 2018).

Ainda que, mais estudos com a aplicação de fertilizantes foliares, testando um maior número de variedades híbridas, em diferentes ambientes, com doses distintas e diferentes períodos de aplicação sejam necessários. As variedades híbridas que apresentaram os melhores resultados nas condições desse estudo, AG1051, B2612PWU e o AS1868, são recomendadas para , promover um desenvolvimento produtivo com sustentabilidade, fortalecendo a produção de milho na Paraíba e no Nordeste.

6 CONCLUSÕES

Não houve efeito estatístico significativo na média dos tratamentos com e sem fertilizantes, entretanto observa-se com seu uso, um aumento estimado por hectares de 468 kg. Dessa forma, e levando em consideração a relação custo x benefício indicamos a utilização do mais milho, além da continuidade de estudos com a melhor dose e fase fenológica para aplicação.

Entre os híbridos estudados neste trabalho, o AG1051 destacou-se em relação aos demais quando utilizado o fertilizante foliar, apresentando maiores valores para altura da planta, altura até a primeira espiga, diâmetro do colmo, número de internódios e comprimento da folha.

As variedades híbridas B2612PWU e AS 1868 apresentaram-se superiores para as características largura da folha, número de fileiras por espiga e comprimento da espiga, e juntamente com a variedade AG1051 devem ser indicadas para cultivo na Paraíba.

Para promover um desenvolvimento produtivo com sustentabilidade, fortalecendo a produção de milho na Paraíba e no Nordeste, é essencial que, tenhamos políticas públicas voltadas para assistência técnica, no sentido da conscientização da importância do uso de fertilizantes foliares em detrimento dos convencionais. Além do incentivo para programas de melhoramento participativo voltados para seleção de genótipos mais responsivos.

REFERÊNCIAS

- ABRHÁM, J. et al. The specifics of selected agricultural commodities in international trade. **Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal**, v. 7, n. 2, p. 5-19, 2021.
- ADHIKARI, K. et al. Effect of different levels of nitrogen on growth and yield of hybrid maize (*Zea mays* L.) varieties. **Journal of Agriculture and Natural Resources**, v. 4, n. 2, p. 48-62, 2021.
- AHMAD, F. et al. Environmental sustainability: challenges and approaches. **Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability**, p. 243-270, 2022.
- AHMED, M. J. et al. Recent progress on corn (*Zea mays* L.) based materials as raw, chemically modified, carbonaceous, and composite adsorbents for aquatic pollutants: A review. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 172, p. 106004, 2023.
- ALMEIDA, K. A.; GUIMARÃES, R. A.; SANTOS, T. C. N.; TEDARDI, V. M.; FIGUEIREDO, Y. F.; SOUZA, J. T. de. **Aplicações da biotecnologia na fitopatologia: o futuro é agora**. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DE DOENÇAS DE PLANTAS, 8., 2018.
- ANDRADE, M. M. **Cultivares de milho verde irrigado por pivô central cultivado em diferentes espaçamentos e níveis de desfolha em domínio de cerrado**. 2018. 50p. Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, GO, 2018.
- ARAUJO, H. F. P. et al. A sustainable agricultural landscape model for tropical drylands. **Land use policy**, v. 100, p. 104913, 2021.
- BADAWI, M. A. et al. Effect of foliar spraying with growth promoters and nitrogen fertilizer levels on growth and yield of maize. **Journal of Plant Production**, v. 3, n. 12, p. 3085-3099, 2012.
- BENITES, V. M. et al. Oportunidades para inovação tecnológica no setor de fertilizantes no Brasil. **Embrapa Milho e Sorgo - Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.
- BAUM, Mitch E. et al. Impacts of climate change on the optimum planting date of different maize cultivars in the central US Corn Belt. **European Journal of Agronomy**, v. 119, p. 126101, 2020.
- BERNINI, C. S. et al. Seleção fenotípica de híbridos de milho para ambientes de baixa altitude e déficit hídrico. **Nativa**, v. 8, n. 2, p. 172-177, 2020.
- BINDRABAN, P. S. et al. Revisiting fertilisers and fertilisation strategies for improved nutrient uptake by plants. **Biology and Fertility of Soils**, v. 51, n. 8, p. 897-911, 2015.
- BRANKOV, M. et al. The response of maize lines to foliar fertilizing. **Agriculture**, v. 10, n. 9, p. 365, 2020.

BUAINAIN, Antônio Marcio et al. **Desafios para agricultura nos biomas brasileiros**. Embrapa, 72p. 2020.

BUANAIN, Antônio Márcio et al. Desafios para uma agricultura sustentável: abordagem baseada em nos biomas brasileiros. **Desenvolv em Debate**, v. 6, p. 71-97, 2018.

CARMO, E. V. B. **Uso de plantas de cobertura na produtividade do milho no brejo paraibano**. 2023. 42p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2023.

CARVALHO, F. I. F. et al. **Condução de Populações no Melhoramento Genético de Plantas**. Pelotas: Ed. Universitária da UFPel, 2003.

CARVALHO, H. W. L. et al. **Melhoramento genético de milho no Nordeste brasileiro**. 2024. Disponível em: <http://www.cpatia.embrapa.br:8080/catalogo/livrorg/milhonordeste.pdf>. Acessado em: 08 de out. 2024.

CHECKER, V. G. et al. “Role of phytohormones in plant defense: signaling and cross talk” in **Molecular Aspects of Plant Pathogen Interaction**, eds A. Singh and I. Singh (Singapore: Springer), p. 159–184, 2018.

CHORUMA, D. J. et al. Calibration and validation of the EPIC model for maize production in the Eastern Cape, South Africa. **Agronomy**, v. 9, n. 9, p. 494, 2019.

COELHO, A. M. **Adubação foliar em milho utilizando fertilizantes multinutrientes**. Revista Campo e Negócios, 2018.

COELHO, J. D. **Milho: Produção Mercados**. Caderno Setorial ETENE. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, v. 5, n. 140, p. 1-8, 2020.

COELHO, J. D. **Milho: produção e mercados**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. Caderno Setorial ETENE, v, 8, p. 1-10, 2023.

COLLI, W. Organismos transgênicos no Brasil: regular ou desregular?. **Revista Universidade de São Paulo**, n.89, p.148-173, 2011.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, 13º levantamento**. Grãos, v. 10, n. 3, 2021a. Disponível em: file:///C:/Users/user/Downloads/E-book_BoletimZdeZSafrazZZ12oZlevantamentoZ1Z2020Z21.pdf. Acessado em: 01 Set. 2024.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira. Safra 2023/24, 12º levantamento**. Grãos, v. 11, n. 12, p. 1-117, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safraz/graos>. Acessado em: 01 Set. 2024.

CONTINI, E. e al. Milho: caracterização e desafios tecnológicos. **Brasília: Embrapa. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2)**, 2019.

CUI, W. et al. Effects of gibberellin (GA4+ 7) in grain filling, hormonal behavior, and antioxidants in high-density maize (*Zea mays* L.). **Plants**, v. 9, n. 8, p. 978, 2020.

DEVESH, P. et al. Estimation of genetic parameters for yield and kernel iron and zinc concentration in maize (*Zea mays* L.). **Biological Forum – An International Journal**, v. 15, n. 2, p.708-711, 2023.

DJAMAN, K. et al. Planting date and plant density effects on maize growth, yield and water use efficiency. **Environmental Challenges**, v. 6, p. 100417, 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Fisiologia da Produção de Milho**. 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490408/1/Circ76.pdf>. Acessado em: 23 de out. 2024.

ESPADA, P. V. S. **Importância dos Fertilizantes Foliaves para a Produtividade final de Grandes Culturas (Soja e Milho)**. 2021. 30p. Projeto Apresentado ao Curso de Agronomia. Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2021.

FAGERIA, N. K. et al. Foliar fertilization of crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, n. 6, p. 1044-1064, 2009.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, v. 2, p. 360, 2000.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. **Flora e Funga do Brasil**. 2022. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/consulta/#CondicaoTaxonCP>. 23 de out. 2024.

GADAG, R. N. et al. Resistance to biotic stress: theory and applications in maize breeding. **Genomic designing for biotic stress resistant cereal crops**, p. 129-175, 2021.

GHEITH, E. M. S. et al. Maize (*Zea mays* L.) productivity and nitrogen use efficiency in response to nitrogen application levels and time. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 941343, 2022.

GOES, R. J. et al. Nitrogênio em cobertura para o milho em sistema plantio direto na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2012.

GOVINDASAMY, Prabhu et al. Nitrogen use efficiency—a key to enhance crop productivity under a changing climate. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1121073, 2023.

HASAN, N. et al. Recent advancements in molecular marker-assisted selection and applications in plant breeding programmes. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology**, v. 19, n. 1, p. 128, 2021.

HOSSAIN, F. et al. Genetic improvement of specialty corn for nutritional quality traits. In: **Maize Improvement: Current Advances in Yield, Quality, and Stress Tolerance under Changing Climatic Scenarios**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 235-257.

ISHFAQ, M. et al. Foliar nutrition: Potential and challenges under multifaceted agriculture. **Environmental and Experimental Botany**, v. 200, p. 104909, 2022.

JANUSZKIEWICZ, R. et al. Foliar fertilization of crop plants in polish agriculture. **Agriculture**, v. 13, n. 9, p. 1715, 2023.

JONES, M. O. **Corn: A Global History**. Reaktion Books, 2017.

KACHAPUR, R. M. et al. Importance of mega-environments in evaluation and identification of climate resilient maize hybrids (*Zea mays* L.). **Plos One**, v. 18, n. 12, p. e0295518, 2023.

KAPPES, C. et al. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, p. 291-297, 2008.

KAPPES, C. et al. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.

KARTHIK, A.; MAHESWARI, M. Uma. Smart fertilizer strategy for better crop production. **Agricultural Reviews**, v. 42, n. 1, p. 12-21, 2021.

KASHYAP, A. et al. Strategies for utilization of crop wild relatives in plant breeding programs. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 135, n. 12, p. 4151-4167, 2022.

KHUDAYKULOV, J. et al. Usage, history, systematics and morphology of corn (*Zea mays* L.). **Science and innovation**, v. 2, p. 14-19, 2023.

KUBITZKI, K.; KADEREIT, J. W. The families and genera of vascular plants. **Flowering plants: Dicotyledons; Lamiales (except Acanthaceae including Avicenniaceae)**, v. 7, p. 63-158, 2004.

LOPES, J. R. F. et al. Variabilidade da precipitação pluvial e produtividade do milho no semiárido brasileiro através da análise multivariada. **Nativa**, v. 7, n. 1, p. 77-83, 2019.

MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; FAHIL, J. I.; ARRUDA, H. V.; SILVA, W. J.; TEIXEIRA, J. P. F. **Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.17, n.6, p. 825-833, 1982.

MAGALHAES, P. C., DURAES, F. O. **Fisiologia do milho**. Circular Técnica 22, 23p. 2002.

MARTÍNEZ-GUTIÉRREZ, A. et al. Yield of corn hybrids in response to foliar fertilization with biostimulants. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 13, n. 2, p. 289-301, 2022.

MIEHE, C. et al. **Miracle seeds: Biased expectations, complementary input use, and the dynamics of smallholder technology adoption**. Intl Food Policy Res Inst, 2023.

MOLDOVAN, V. P. et al. Highlighting mycorrhizal structures in roots of *Zea mays* L. **Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture**, v. 79, n. 1, 2022.

MOREIRA, A. A. **Combinações de mecanismos sulcadores e aterradores no cultivo simultâneo de sorgo com braquiária em sistemas integrados de produção de soja**. 2024.

38p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2024.

MORTATE, R. K. et al. Resposta do milho (*Zea mays* L.) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2018.

NUNES, J. L. S. **Características do milho**. 2020. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br>. Acessado em: 05 Set. 2024.

OCWA, A. et al. A bibliographic review of climate change and fertilization as the main drivers of maize yield: implications for food security. **Agriculture & Food Security**, v. 12, n. 1, p. 1-18, 2023.

OHLAND, R. A. A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 538-544, 2005.

PATERNIANI, **Interação genótipo x ambiente em climas tropicais e subtropicais**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16.1988, Belo Horizonte, anais Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1988. p. 378-381.

PIAZZOLI, D. **Densidade de plantas e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho sob espaçamento reduzido**. 2012. 89p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

REVILLA, P. et al. Sweet corn research around the world 2015–2020. **Agronomy**, v. 11, n. 3, p. 534, 2021.

ROLIM, Rubens R. et al. Genotype x environment interaction and stability in landraces of cowpea under dryland conditions. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 2, p. 339-348, 2023.

RUFF, O. J et al. Doses de fósforo em híbridos de milho cultivados em solo arenoso. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 5, 2023.

SANTOS, P. G. et al. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, p. 597-602, 2002.

SILVA JUNIOR, O. L. et al. Complexo do enfezamento do milho, sustentabilidade e segurança alimentar: uma revisão literária. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 5, p. e4746-e4746, 2024.

SILVA, D. F. et al. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e12310313172-e12310313172, 2021.

SILVA, F. D. S. et al. Predictive potential of maize yield in the mesoregions of Northeast Brazil. **AgriEngineering**, v. 6, n. 2, p. 881-907, 2024.

SILVA, L. M. et al. Planting fertilization and nitrogen doses in topdressing in second-crop corn. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 9, n. 4, p. e6968-e6968, 2022.

TIRITAN, C. S. et al. Adubação fosfatada mineral e organomineral no desenvolvimento do milho. **Colloquium Agrariae, Presidente Prudente**, v. 6, n. 1, p. 8-14, 2010.

TOOR, M. D. et al. Foliar application of Zn: Best way to mitigate drought stress in plants; A review. **International Journal of Applied Research**, v. 6, n. 8, p. 16-20, 2020.

VALOIS, A. C. C. Importância dos transgênicos para a agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 18, n. 1, p. 27-53, 2001.

VAN JAARSVELD, E. J.; VAN WYK, A. E. Pedaliaceae. **Bothalia**, v. 37, n. 2, p. 198, 2007.

WANG, X. Managing land carrying capacity: Key to achieving sustainable production systems for food security. **Land**, v. 11, n. 4, p. 484, 2022.

WHITE, P. J.; DING, G. Long-distance transport in the xylem and phloem. In: Marschner's mineral nutrition of plants. **Academic Press**, 2023. p. 73-104.

XUE, J. et al. Relationship between stalk and cob mechanical strength during the late growth stage of maize (*Zea mays* L.). **Agronomy**, v. 10, n. 10, p. 1592, 2020.

YEMELYANOV, O. et al. Assessing the Sustainability of the consumption of agricultural products with regard to a possible reduction in its imports: the case of countries that import corn and wheat. **Sustainability**, v. 15, n. 12, p. 9761, 2023.

ZHAO, Y. et al. Optimizing ear-plant height ratio to improve kernel number and lodging resistance in maize (*Zea mays* L.). **Field Crops Research**, v. 276, p. 108376, 2022.

ZHU, T. et al. The heat is on: how crop growth, development, and yield respond to high temperature. **Journal of Experimental Botany**, v. 72, n. 21, p. 7359-7373, 2021.

ZINGLER, K. D. et al. Uma análise institucionalista do papel do planejamento estratégico na Embrapa. **Colóquio-Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 1, p. 130-152, 2021.