



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS IV
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRÁRIAS E EXATAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

JOSILMA FERREIRA DE MELO

**RESPOSTAS FISIOLÓGICA E PRODUTIVA DO MILHO SUPLEMENTADO
COM MAGNÉSIO FOLIAR**

CATOLÉ DO ROCHA, PB

2023

JOSILMA FERREIRA DE MELO

**RESPOSTAS FISIOLÓGICA E PRODUTIVA DO MILHO SUPLEMENTADO
COM MAGNÉSIO FOLIAR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a coordenação do Curso de Agronomia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Fisiologia de Plantas Cultivadas.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cássio Alves Linhares.

CATOLÉ DO ROCHA, PB

2023

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M528r Melo, Josilma Ferreira de.

Respostas fisiológica e produtiva do milho suplementado com magnésio foliar [manuscrito] / Josilma Ferreira de Melo. - 2023.

33 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)
- Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, 2024.

"Orientação : Prof. Dr. Paulo Cássio Alves Linhares ,
Coordenação do Curso de Agronomia - CCHA. "

1. Zea mays L. 2. MgSO₄. 3. Molécula de clorofila. 4.
Translocação de açúcares. 5. Produção. I. Título

21. ed. CDD 633.15

JOSILMA FERREIRA DE MELO


**RESPOSTAS FISIOLÓGICA E PRODUTIVA DO MILHO SUPLEMENTADO
COM MAGNÉSIO FOLIAR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a coordenação do Curso de Agronomia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.


Área de concentração: Fisiologia de Plantas Cultivadas.

Aprovada em: 01 / 12 / 2023.


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **PAULO CASSIO ALVES LINHARES**
Data: 15/07/2024 10:40:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Paulo Cássio Alves Linhares
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **KELINA BERNARDO SILVA**
Data: 15/07/2024 13:34:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Kelina Bernardo Silva
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **DANIELLY DA SILVA LUCENA**
Data: 15/07/2024 10:44:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Danielly da Silva Lucena
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
Examinadora

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que foi essencial nos momentos difíceis, pela força e coragem durante toda caminhada. E a toda minha família pelo apoio incondicional, e o meu orientador pelo o apoio e incentivo.

EPÍGRAFE

“Não são as espécies mais fortes que sobrevivem, nem as mais inteligentes, e sim as mais suscetíveis a mudanças”.

Charles Darwin

AGRADECIMENTOS

À Deus, que com sua infinita sabedoria colocou força em meu coração para me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Aos meus pais, José e Dalvani que me incentivaram nos momentos difíceis, e pelo amor e apoio incondicional, por nunca terem medido esforços para me proporcionar um ensino de qualidade durante todo período escolar e pelo apoio emocional.

Aos meus irmãos, José Nildo e Francisco por estar ao meu lado e por me fazer ter confiança nas minhas decisões.

À toda minha família que me incentivaram a cada momento e não permitiram que eu desistisse.

Aos meus amigos, em especial Jaine Kézia, Wandra, Alcione, Janildo e Ralceuton, pelas as risadas durante esse momento difícil na faculdade, também ajudaram a passar o dia. Esse TCC também é de vocês, e todos os meus colegas de curso.

Ao meu orientador Paulo Cássio, pela paciência e dedicação, e pelo suporte no pouco tempo que lhe coube. Obrigado por todos os conselhos úteis, bem como palavras de encorajamento e motivação nesta minha trajetória acadêmica.

Aos professores que me acompanharam ao longo do curso, é com muita admiração e enorme respeito que sou extremamente grata a todos, que me ajudaram na minha jornada acadêmica.

A Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), pela estrutura e oportunidade de cursar a graduação. Aos funcionários da Instituição pelo carinho durante toda caminhada.

A banca avaliadora por aceitar o convite, que irá contribuir no meu processo de formação profissional.

A todos a quem eu não mencionei, mas fez parte do meu percurso eu deixo um profundo agradecimento, porque tiveram um papel importante na minha vida.

Muito Obrigada!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Imagem da entrada da UEPB, Campus IV (A) e visualização via satélite da área experimental (B).....	15
Figura 2.	Assimilação líquida de CO ₂ (A, A), condutância estomática (<i>g_s</i> , B), transpiração (<i>E</i> , C) e concentração interna de CO ₂ (<i>C_i</i> , D), de plantas de milho sob diferentes doses de magnésio foliar.....	19
Figura 3.	Comprimento da espiga (CEP, A), diâmetro da espiga (DEP, B), número de fileiras de grãos (NFG, C), número de grãos por fileira (NGF, D) e peso da espiga (PEE, E), de milho sob diferentes doses de magnésio foliar.....	20
Figura 4.	Representação dos tratamentos de diferentes doses de magnésio foliar na produção do milho.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de F para altura de assimilação líquida de CO ₂ (<i>A</i>), condutância estomática (<i>g_s</i>), transpiração (<i>E</i>) e concentração interna de CO ₂ (<i>C_i</i>), Comprimento da espiga (CEP), diâmetro da espiga (DEP), número de fileiras de grãos (NFG), número de grãos por fileira (NGF) e peso da espiga (PEE), de plantas de milho sob diferentes doses de magnésio foliar.....	18
---	----

SUMÁRIO

RESPOSTAS FISIOLÓGICA E PRODUTIVA DO MILHO SUPLEMENTADO COM MAGNÉSIO FOLIAR	9
RESUMO	9
ANSWERS PHYSIOLOGICAL AND PRODUCTIVE OF CORN SUPPLEMENTED WITH MAGNESIUM LEAF	10
ABSTRAT	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Cultura do milho	12
2.2 Manejo e produção do milho	13
2.3 Magnésio foliar na fisiologia da produção do milho	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Área experimental	15
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	16
3.3 Condução experimental	16
3.4 Características analisadas	17
3.5 Análise estatística	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Trocas gasosas plantas de milho suplementadas com magnésio foliar	18
4.2 Produção do milho suplementado com magnésio foliar	19
5 CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS	23
ANEXOS	28

RESPOSTAS FISIOLÓGICA E PRODUTIVA DO MILHO SUPLEMENTADO COM MAGNÉSIO FOLIAR

MELO, JOSILMA FERREIRA
LINHARES, PAULO CÁSSIO ALVES

RESUMO

O grão de milho é utilizado mundialmente, como alimentação humana e animal, produtos industrializados, com alta tecnologia. O magnésio (Mg) é um constituinte da molécula de clorofila, bem como um cofator de várias enzimas fotossintéticas. O Mg é importante na translocação dos açúcares, pois atua no transporte da sacarose, o que favorece a relação fonte-dreno da planta. Assim, foi testada a hipótese de que a suplementação com Mg foliar pode aumentar o crescimento e a produção do milho, estimulando a atividade fotossintética para a produção e translocação de açúcares. Objetivou-se avaliar a influência do Mg foliar na atividade fotossintética do milho para estimular o crescimento e o aumento da produção. Foi conduzido um experimento em campo, com o milho forrageiro, em delineamento de blocos ao acaso, testando a suplementação de 5 doses de Mg foliar (0, 1, 2, 3 e 4%), com 5 repetições. Foram avaliadas: assimilação líquida de CO₂ (*A*), condutância estomática (*g_s*), transpiração (*E*), concentração interna de CO₂ (*C_i*), comprimento da espiga (CEP), diâmetro da espiga (DEP), número de fileiras de grãos (NFG), número de grãos por fileira (NGF) e peso da espiga (PEE). Houve diferença significativa entre os tratamentos de magnésio foliar para as seguintes características: *A*, *C_i*, CEP, DEP, NFG e PEE. *A*, *g_s* e *E*, obtiveram os valores máximos de 38,38; 0,27 e 6,71; com as doses de Mg foliar 1,88; 1,73 e 1,88%, respectivamente. Com a dose de 1,80% de Mg foram obtidos os valores máximos de DEP, NFG e PEE; sendo os valores mínimos na dose 0%, para DEP e PEE, respectivamente. A dose de 1,8% de Mg foliar proporcionou aumentos nas trocas gasosas e na produção do milho, como evidenciado nas características de DEP, NFG e PEE. Com apenas 0,88% de Mg foliar o milho produziu espigas maiores e com mais grãos por fileira. Mg foliar aplicado à 4% reduz as características de trocas gasosas e de produção do milho. A suplementação com magnésio foliar no milho promoveu uma melhora na resposta fisiológica das plantas, resultando em aumento significativo na produtividade da cultura.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; MgSO₄; molécula de clorofila; translocação de açúcares; produção.

**ANSWERS PHYSIOLOGICAL AND PRODUCTIVE OF CORN
SUPPLEMENTED WITH MAGNESIUM LEAF**

MELO, JOSILMA FERREIRA
LINHARES, PAULO CÁSSIO ALVES

ABSTRAT

Corn grain is used worldwide as human and animal food, industrialized products, with high technology. Magnesium (Mg) is a constituent of the chlorophyll molecule, as well as a cofactor of several photosynthetic enzymes. Mg is important in the translocation of sugars, as it acts in the transport of sucrose, which favors the plant's source-sink relationship. Thus, the hypothesis was tested that supplementation with foliar Mg can increase corn growth and production, stimulating photosynthetic activity for the production and translocation of sugars. The objective was to evaluate the influence of foliar Mg on the photosynthetic activity of corn to stimulate growth and increase production. A field experiment was conducted with forage corn, in a randomized block design, testing the supplementation of 5 doses of foliar Mg (0, 1, 2, 3 and 4%), with 5 replications. The following were evaluated: net CO₂ assimilation (*A*), stomatal conductance (*g_s*), transpiration (*E*), internal CO₂ concentration (*C_i*), ear length (EL), ear diameter (ED), number of grain rows (NGR), number of grains per row (NGPR) and ear weight (EW). There was a significant difference between leaf magnesium treatments for the following characteristics: *A*, *C_i*, EL, ED, NGR and PEE. *A*, *g_s* and *E* obtained maximum values of 38.38; 0.27 and 6.71; with doses of foliar Mg 1.88; 1.73 and 1.88%, respectively. With a dose of 1.80% Mg, the maximum values of ED, NGR and EW were obtained; the minimum values being at dose 0%, for ED and EW, respectively. The 1.8% dose of foliar Mg provided increases in gas exchange and corn production, as evidenced in the ED, NGR and EW characteristics. With only 0.88% of foliar Mg, corn produced larger ears with more grains per row. Foliar Mg applied at 4% reduces gas exchange and corn production characteristics. Supplementation with foliar magnesium in corn promoted an improvement in the physiological response of plants, resulting in a significant increase in crop productivity.

Keywords: *Zea mays* L.; MgSO₄; chlorophyll molecule; translocation of sugars; production.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), é uma das culturas de grande importância econômica, movimentando a economia do país, nos mais variados seguimentos do agronegócio em que está envolvido. Além disso, o grão de milho é utilizado mundialmente, sendo suas formas de utilização, como a alimentação humana e animal, à produtos industrializados, com alta tecnologia (IBGE, 2016). Quanto ao seu uso na alimentação animal, representa o maior percentual de utilização, como o seu processamento na produção de rações, enquanto que, no uso para alimentação humana, o milho é mais consumido a partir de seus derivados (ARTUZO et al., 2019). Como forma de evidenciar isso, pode ser mencionado a alta capacidade produtiva dessa cultura no Brasil, o que o caracteriza como o terceiro maior produtor mundial e o segundo maior exportador de grãos de milho (PASSOS TIGGES et al., 2016).

Essa produção é alcançada devido as condições climáticas do Brasil, especialmente na região nordeste, principalmente, como a temperatura e a radiação fotossinteticamente ativa, assim como a água, que são fundamentais para o crescimento, desenvolvimento e produção das plantas (TANDZI; MUTENGWA, 2020). Assim, isso torna-se possível, com o uso de adequadas técnicas de cultivos, como o manejo da irrigação, espaçamento, fornecimento de nutrientes minerais, além do controle de pragas e doenças que venham a acometer a cultura.

Neste contexto, práticas agrícolas podem ser adotadas para atuar no metabolismo da planta, como estimular a atividade fotossintética. Dentre essas, se destaca a suplementação nutricional na forma foliar. Este método de aplicação nutricional é um reforço à adubação química no solo, o que melhora as condições nutricionais da planta (FERNÁNDEZ et al., 2006). Com isso, entre os nutrientes minerais que podem ser utilizados, com efeitos diretos na fisiologia vegetal, atuando no crescimento e desenvolvimento das plantas, está o magnésio (Mg), que é um constituinte da molécula de clorofila, além de cofator de várias enzimas fotossintéticas, através da formação do composto Mg-ATP, que é fundamental no ciclo de Calvin-Benson (BERARDI et al., 2014; GEIGER, 2011; CARDONA; SHAO; NIXON, 2018; XIE et al., 2021).

Dentre os conhecimentos elucidados na literatura científica acerca desse elemento, foi evidenciado que o Mg é importante na translocação de açúcares, por atuar no transporte de sacarose, o que favorece a relação fonte-dreno da planta (CAKMAK; HENGELER; MARSCHNER, 1994; HERMANS et al., 2004; GEIGER, 2011;

TRÄNKNERA et al., 2018), e que, conseqüentemente, as plantas quando bem nutridas com Mg apresentam adequada partição de biomassa (CAKMAK; HENGELER; MARSCHNER, 1994; HERMANS; VERBRUGGEN, 2005; HAUER-JÁKLI; TRÄNKNER, 2019). Com isto, o estímulo dessa produção e translocação de açúcares é fundamental para o crescimento e o desenvolvimento das plantas (LIVRAMENTO et al., 2003; ROSA et al., 2009; ALVES et al., 2011), o que pode refletir diretamente na produtividade das culturas.

Assim sendo, foi testada a hipótese de que a suplementação com Mg foliar pode aumentar o crescimento e a produção do milho, estimulando a atividade fotossintética para a produção e translocação de açúcares. Objetivo foi avaliar a influência do Mg foliar na atividade fotossintética do milho para estimular o crescimento e aumento da produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do milho

As condições climáticas do Brasil favorecem a adaptação do milho, de acordo com as suas variações de relevo e regiões climáticas, proporcionando diferentes potenciais de produtividade da cultura (ARTUZO et al., 2019).

O milho é uma das plantas que mais produzem silagem, sendo a cultura de maior expressão no Brasil (OLIVEIRA et al., 2007), Devido às suas características de alto rendimento de massa verde por hectare e também à sua qualidade de fermentação em silo, além de possuir valores mais agregados em um sistema de confinamento (MARQUES et al. 2010).

A reação de uma planta de milho pode afetar todo o ambiente. Em algumas situações, é necessário controlar os fatores bióticos e abióticos, que afetam o desenvolvimento e o crescimento da planta. Esse ambiente biótico é resultado da interação de organismos, como simbiose, parasitas, herbívoros, infecções, etc (SCHULZ et al., 2005). Abióticos, tais como temperatura, intensidade de luz, umidade, digestão e nutrientes, podem ser benéficos para plantas. Uma das principais causas para a colonização do milho é a falta de água, o que pode causar danos na produção de grãos, ou algum ataque de pragas, dependendo da intensidade do problema (GALON et al., 2010).

O grão de milho energético contém de 70 a 80% de amido (ROSTAGNO et al., 2000). Contudo, esse amido é composto no rúmen. Dessa forma, haverá um aumento da exposição do amido à digestão desse rúmen. O processo de processamento do milho para ruminantes tem como vantagem a quebra da parede celular. Existem algumas maneiras eficientes de aproveitar os grãos de milho ao processar esse milho. Diante de tudo isso, os métodos mais utilizados para o processamento de grão de milho e silagem têm vantagens e desvantagens. Dessa forma, utilizarão essas técnicas como foco na alimentação dos ruminantes (SILVA, 2023).

O milho é C4, com alto teor produtivo, devido ao seu valor nutricional, à importância na alimentação humana, animal e como matéria-prima. O milho é uma das culturas mais importantes no mundo (RIBAS, 2022). Dado que a aplicação da cultura do milho tem como objetivo assegurar uma alta produtividade, é relevante o uso de fertilizantes. Diante dos níveis de nutrientes adequados, haverá um aumento significativo em diversas características que influenciarão significativamente a produção até o seu final (RIBAS, 2022).

A expansão de áreas produtivas de milho em áreas do cerrado brasileiro é conhecida por conter baixo teor de nutrientes e elevado teor de alumínio tóxico, o que dificulta o crescimento das raízes. É preciso aperfeiçoar ainda mais o solo para atingir as altas produtividades (RIBAS, 2022).

A conscientização dos produtores é necessária para a melhoria da qualidade deste solo e a obtenção de uma produção sustentável. No Brasil, têm ocorrido importantes mudanças tecnológicas na cultura do milho, o que aumenta a produtividade. Isso implicará no manejo da fertilidade através da calagem e da adubação adequadas, tanto com macronutrientes quanto micronutrientes (RIBAS, 2022).

2.2 Manejo e produção do milho

O manejo adequado do solo e da água é uma condição indispensável para um sistema sustentável de cultivo. Dado que o solo, ao ser cultivado, sofre alterações em seus atributos físicos, químicos e biológicos, a forma como essas características serão mantidas ou degradadas depende da intensidade e das condições de manejo em que foi executado. Essas condições específicas podem afetar o local no sistema intensivo de uso, na agricultura irrigada ou nos sistemas de produção. Além disso, o agricultor estabelecerá um cronograma de atividades que serão elaboradas de acordo com o objetivo a ser

alcançado. Em algumas operações com máquinas para preparar o solo ou sob condições de umidade elevada, isso pode causar danos ou acelerar a degradação desse manejo (VILAR et al., 2022).

O milho é o grão de maior produção, produzindo cerca de 40,8 milhões de toneladas de grãos em uma área de aproximadamente 12,55 hectares (CRUZ, 2010), em relação às duas safras, é normal, devido às suas características fisiológicas. A cultura do milho apresenta um alto potencial produtivo, tendo sido alcançada uma produtividade superior a 16 t ha^{-1} nos cursos de produtividade de milho conduzidos por ordens de assistência técnica e extensão rural e empresas produtoras de sementes.

O nível médio nacional dessa produtividade é de 3.250 Kg ha^{-1} , mostrando que é preciso melhorar os sistemas de produção de milho para obter a maior produtividade e rentabilidade.

A cultura do milho no Brasil está mudando com a tecnologia. Esse resultado aumenta a demanda pela manutenção e incremento da qualidade dessa produção sustentável. Para melhorar a qualidade do solo, é importante cuidar bem dele e fazer algumas coisas simples para melhorar as coisas (CRUZ, 2021).

3.3 Magnésio foliar na fisiologia da produção do milho

O magnésio (Mg) desempenha uma série de funções complexas. A fotossíntese é um dos processos mais relevantes, pois está envolvido na formação do RNA e na composição de proteínas (RIBAS, 2022).

O Mg é essencial para as plantas e tem um papel no seu metabolismo, sendo absorvido como Mg^{2+} (HERMANS et al., 2004; PRADO, 2021). As funções do magnésio na clorofila são: ativar as enzimas no metabolismo energético das plantas. O ATP e o ADP são cruciais para a fotossíntese, respiração e reações que ocorrem em compostos orgânicos e na absorção iônica (BRUNINGB et al., 2023). O Mg tem a função de carregador de fósforo, o que facilita a absorção por parte da planta (HERMANS et al., 2004; PRADO, 2021).

A falta de nutrientes na planta pode causar problemas, como a inibição da fixação de CO_2 . Sem o dióxido de carbono, algumas reações são reduzidas ou até mesmo proibidas, como a fosforilação, que ajuda a recuperar o açúcar. O CO_2 da fotossíntese ativa a reação da enzima, e a falta desse processo pode causar estresse na planta, afetando

a produção de proteínas e a ativação de aminoácidos (HERMANS et al., 2004; PRADO, 2021).

A fertilização foliar é importante. Analise o solo para ver se os nutrientes estão bons. Algumas vezes, não precisa de uma aplicação de nutrientes via folha. Em alguns casos, por fatores que inibem os nutrientes no solo, a fertilização foliar pode trazer resultados significativos na produção, principalmente na planta que tem maior demanda por esses nutrientes (HERMANS et al., 2004; PRADO, 2021).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo, em área experimental do Campus IV, da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Catolé do Rocha, PB (Figura 1). Durante o período experimental foram registrados os dados temperatura e umidade relativa do ar, utilizando um termohigômetro digital, RC-51 Datalogger, Elitech® Brasil.



Figura 1. Imagem da entrada da UEPB, Campus IV (A) e visualização via satélite da área experimental (B).

Fonte: da autora (2023)

Fonte: GPS Satellite Map (2024)

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento do experimento utilizado foi o de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 5 repetições, totalizando 25 unidades experimentais. Os tratamentos corresponderam a aplicação de doses foliar de Mg foliar: 0 (Mg0%), 1 (Mg1%), 2 (Mg2%), 3 (Mg3%) e 4 (Mg4%) %, respectivamente, como forma de suplementação.

3.3 Condução experimental

Foi realizado a limpeza e preparo da área utilizando-se um trator, sendo feita uma aração e uma gradagem. Foi realizada uma coleta de solo para fazer análise físico-química, no Laboratório de Análise de Solo e Água, Campus IV, UEPB. De acordo com o resultado da análise, foi realizada uma adubação química de cobertura, conforme recomendação de Malavolta (1980).

O milho, do tipo forrageiro, foi semeado com três sementes por cova. Posteriormente, aos doze dias após o plantio (DAP) foi realizado um desbaste, deixando apenas uma planta por cova. O espaçamento adotado foi de 1,0 m entre linhas e 0,15 m entre plantas. A parcela/unidade experimental foi composta por uma linha com 5 m de comprimento.

Para fazer as soluções de Mg, foi utilizado como fonte o Sulfato de Magnésio [$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Sinth - PA)], nas referidas concentrações testadas, com base no trabalho de Linhares (2021). A primeira aplicação foi realizada no estágio vegetativo V4, como uma preparação para o crescimento das plantas (Pré-tratamento); uma segunda aplicação foi realizada no estágio vegetativo V12, como forma de preparação para o pendoamento do milho.

As aplicações desses tratamentos foram realizadas utilizando um pulverizador manual (5 Litros, Compressão Prévia; Palisad[®]). Junto com a solução de Mg foi adicionado óleo mineral na concentração de 0,01%, como forma de quebrar a tensão superficial da água, aumentando a área de molhamento das folhas, sendo aplicadas até o ponto de escorrimento (MONTÓRIO et al., 2005; MARTINS et al., 2010).

A irrigação foi realizada através de sistema de gotejamento, através de fita gotejadora, com emissores espaçados a 0,15 m, tendo uma vazão de 1,5 litros horas⁻¹. A água foi proveniente de um poço artesiano próximo a área experimental, sendo utilizada uma bomba elétrica de recalque d'água de 5 cv. A irrigação foi realizada até deixar o solo

em capacidade de campo, durante toda o desenvolvimento da cultura até a fase de maturação fisiológica e colheita.

Durante a condução experimental foram realizadas capinas manuais, com o uso de enxadas, para o controle da infestação de plantas daninhas. Além disso, foi realizado o controle de pragas e doenças.

3.4 Características analisadas

Foi realizada uma análise de trocas gasosas, com um analisador de gases por infravermelho de fluxo aberto (IRGA) (CIRAS-3, PP System, Amesbury, MA, EUA). Os parâmetros analisados foram: assimilação de CO₂ (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração intercelular de CO₂ (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$).

Ao final do ciclo da cultura, foram colhidas as espigas e foi determinada a produtividade do milho. Foram analisados: número de grãos por fileira (NGF), fileiras por espiga (NFG), comprimento de espiga (CDE, cm), diâmetro da espiga (DDE, mm) e peso da espiga (PEE, g).

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a testes de homogeneidade das variâncias (Levene e Bartlett, $p \geq 0,05$) e normalidade (Shapiro-Wilk, $p \geq 0,05$), utilizando o pacote *car* (FOX; WEISBERG, 2019), com o uso da plataforma R versão 4.0.5.

Foi realizada uma análise de variância (Teste F, $p \leq 0,05$), com auxílio do *software* estatístico Sisvar[®], versão 5.8 (FERREIRA, 2019), além do ajuste de curvas de regressão para as doses de Mg testadas, utilizando o *software* Table Curve 2D[®], versão 5.01.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o teste F ($p < 0,05$), foi verificado efeito significativo, indicando há diferença significativa entre os tratamentos de magnésio foliar para as seguintes características: *A*, *Ci*, CEP, DEP, NFG e PEE (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de F para altura de assimilação líquida de CO₂ (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*) e concentração interna de CO₂ (*Ci*), Comprimento da espiga (CEP), diâmetro da espiga (DEP), número de fileiras de grãos (NFG), número de grãos por fileira (NGF) e peso da espiga (PEE), de plantas de milho sob diferentes doses de magnésio foliar. Catolé do Rocha, PB. Fonte: autor (2023).

FV	GL	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>Ci</i>	CEP	DEP	NFG	NGF	PEE
Bloco	4	3,82*	1,92 ^{ns}	0,99 ^{ns}	1,49 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,63 ^{ns}	2,07 ^{ns}	2,34 ^{ns}	1,32 ^{ns}
Magnésio	4	6,58**	0,85 ^{ns}	0,91 ^{ns}	10,27**	8,02*	2,95*	5,49**	1,26 ^{ns}	15,83**
CV (%)		5,23	13,71	9,21	18,77	6,07	6,12	8,42	7,94	2,06

CV= coeficiente de variação; ^{ns} = não significativo, ** e * = significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

4.1 Trocas gasosas plantas de milho suplementadas com magnésio foliar

As características de trocas gasosas ajustaram a curvas de regressão de modelo quadrático, com o mesmo padrão de resposta para: *A*, *gs* e *E*, obtendo os valores máximos de 38,38; 0,27 e 6,71; com as doses de Mg foliar 1,88; 1,73 e 1,88%, respectivamente (Figura 2A, B e C). De outra forma, para essas características, obteve-se os valores mínimos de 32,78; 0,23 e 6,14; com a dose de 4% de Mg, respectivamente.

Já para a *Ci*, a dose de Mg foliar que proporcionou maior resultado (88,89) foi com 3,39%, sendo a concentração mínima de 48,20 na menor dose testada (Figura 2D).

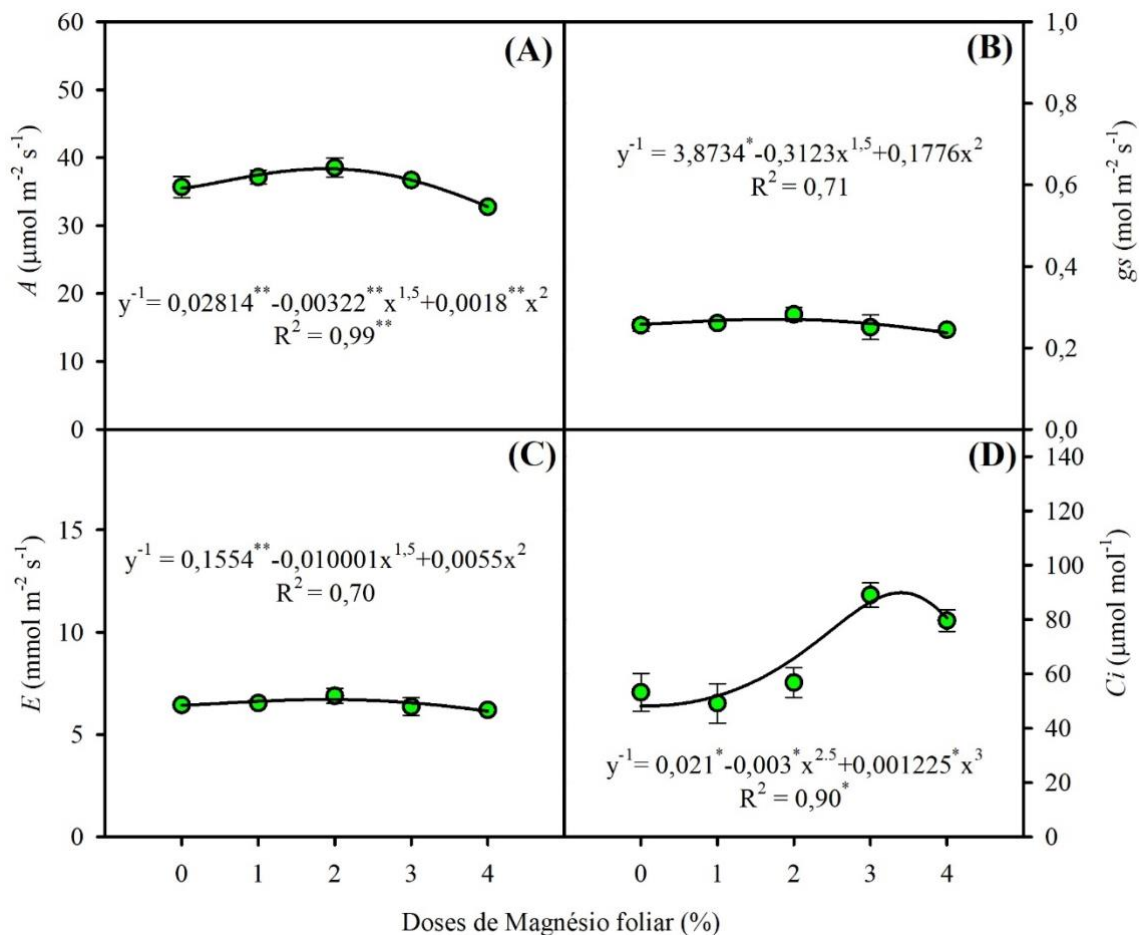


Figura 2. Assimilação líquida de CO₂ (A, A), condutância estomática (g_s , B), transpiração (E , C) e concentração interna de CO₂ (C_i , D), de plantas de milho sob diferentes doses de magnésio foliar. Catolé do Rocha, PB. As barras representam o erro padrão da média ($n=5$). Fonte: autor (2023).

4.2 Produção do milho suplementado com magnésio foliar

Todas as características de produção do milho de ajustaram-se a curvas de regressão de modelo quadrático (Figura 3). Com a dose de 1,80% de Mg foram obtidos os valores máximos de DEP, NFG e PEE; sendo os valores mínimos na dose 0%, para DEP e PEE, respectivamente (Figura 3B, C e E). No entanto, o valor mínimo de NFG foi verificado na dose de 4% (Figura 3C).

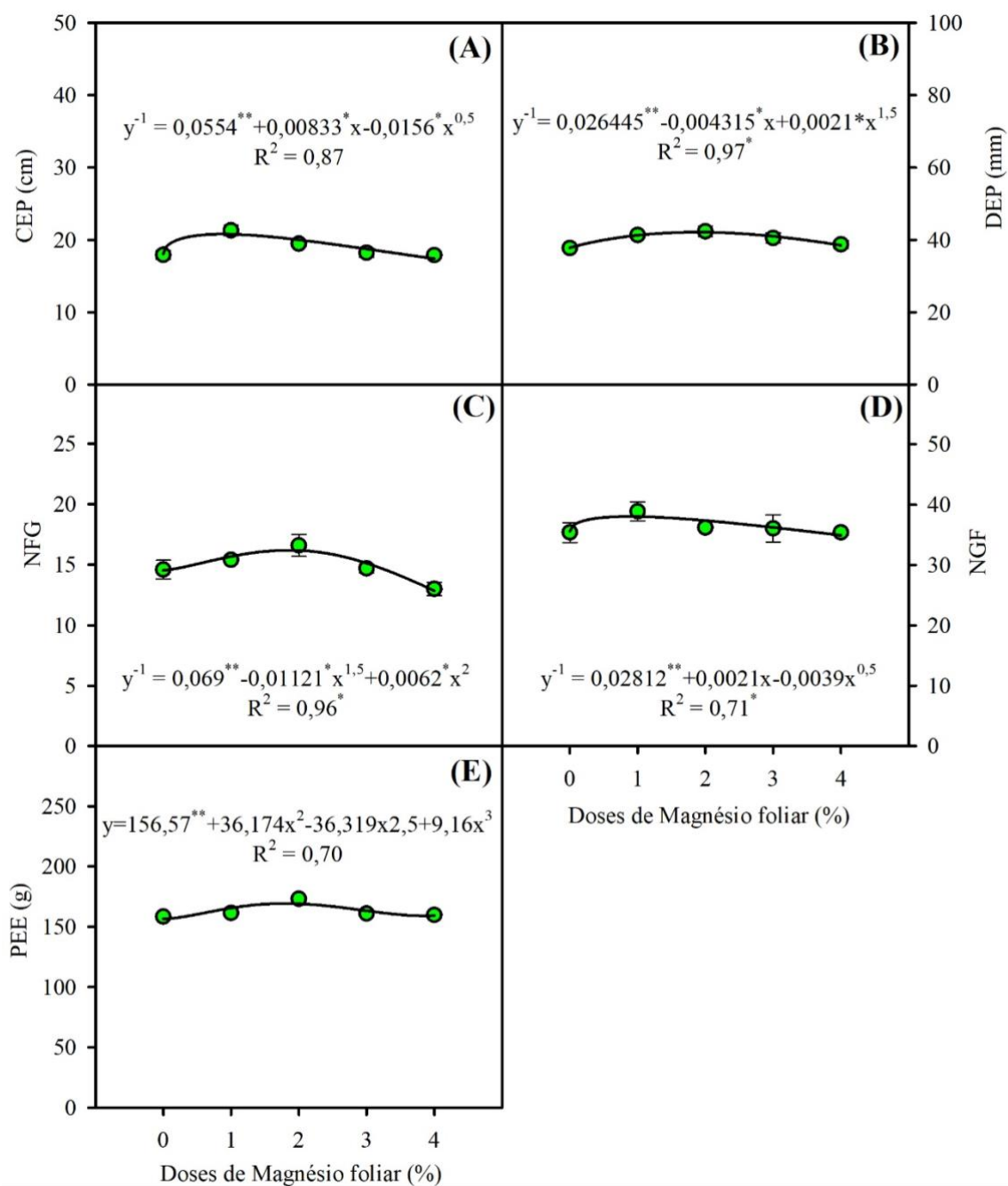


Figura 3. Comprimento da espiga (CEP, A), diâmetro da espiga (DEP, B), número de fileiras de grãos (NFG, C), número de grãos por fileira (NGF, D) e peso da espiga (PEE, E), de milho sob diferentes doses de magnésio foliar. Catolé do Rocha, PB. As barras representam o erro padrão da média (n= 5). Fonte: autor (2023).

Para o CEP e NGF, os maiores valores (21 e 38, respectivamente) foram verificados com a dose de 0,88% de Mg; além de obterem os menores valores (17,39 e 35, respectivamente), com a dose de 4% (Figura 3A e D).

O magnésio foliar foi eficiente para estimular o crescimento das plantas de milho, assim como, incremento na produção (Figura 4). Esses resultados indicam a importância do magnésio como nutriente essencial para o desenvolvimento e produtividade das plantas de milho.



Figura 4. Representação dos tratamentos de diferentes doses de magnésio foliar na produção do milho. Sendo: T1 = 0%, T2 = 1%, T3 = 2%, T4 = 3%, T5 = 4%, de Mg foliar, Catolé do Rocha, PB. Fonte: autor: 2024Catolé do Rocha, PB. Fonte: autor (2023).

Os resultados encontrados nesta pesquisa mostram a importância do Mg na produção e translocação de carboidratos, nas plantas de milho (CAKMAK; HENGELER; MARSCHNER, 1994; HERMANS et al., 2004). O Mg é considerado um macronutriente secundário que atua na atividade fotossintética das plantas, sendo muito importante na assimilação de carbono, para a produção e translocação de açúcares (HERMANS et al., 2004; PRADO, 2021). Com isso, as plantas têm a possibilidade de estimular a maior relação fonte-dreno (SILVA et al., 2021; SILVA et al., 2022; ANDRADE et al., 2022).

O Mg é considerado um macronutriente secundário fundamental na atividade fotossintética das plantas, que é fundamental na assimilação de carbono, para a produção e translocação de açúcares (HERMANS et al., 2004; PRADO, 2021), como foi evidenciado nos resultados de trocas gasosas (Figura 2).

Assim sendo, as plantas de milho apresentaram maior produção, devido a ação do Mg, para estimular a planta na produção de açúcares e energia, fazendo o carregamento

do floema (HERMANS et al., 2004; PRADO, 2021), que foi fundamental na produção de grãos de milho (Figuras 3 e 4).

5 CONCLUSÕES

A dose de 1,8% de Mg foliar proporcionou aumentos nas trocas gasosas e na produção do milho, como evidenciado nas características de DEP, NFG e PEE.

Com apenas 0,88% de Mg foliar o milho produziu espigas maiores e com mais grãos por fileira.

Mg foliar aplicado à 4% reduz as características de trocas gasosas e de produção do milho.

A suplementação com magnésio foliar no milho promoveu uma melhora na resposta fisiológica das plantas, resultando em aumento significativo na produtividade da cultura.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. I. F. et al. Photosynthetic efficiency and root plasticity promote drought tolerance in coffee genotypes. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 44, n. 109, p. 2022.

ALVES, J. D. et al. Source-sink manipulations in *Coffea arabica* L. and its effect on growth of shoots and root system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 5, p. 956 -964, 2011.

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

BERARDI, S. et al. Molecular artificial photosynthesis. **Chemical Society Reviews**, v. 43, n. 22, p. 7501-7519, 2014.

BERKENBROCK, L. et al. Diferentes fontes e doses de magnésio via adubação foliar na cultura do milho. Disponível em:
https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/14614/55___DIFERENTES_FONTES_E_DOSES_DE_MAGN_SIO____1634232912365_14614.pdf. Acesso em 29 nov. 2024.

BRUNING, M. S.; SIMONETTI, A. M.; BOIAGO, N. P. Produção e desenvolvimento da cultura do milho sob dosagens de magnésio via foliar. **Revista Cultivando Saber**, n. 119, P. 109 - 110, 2023.

CAKMAK, I.; HENGELER, C.; MARSCHNER, H. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. **Journal of Experimental Botany**, v. 45, n. 9, p. 1245-1250, 1994.

CARDONA, T.; SHAO, S.; NIXON, P. J. Enhancing photosynthesis in plants: the light reactions. **Essays in Biochemistry**, v. 62, n. 1, p. 85-94, 2018.

- CHIEZA, E. D. et al. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista ceres**, 2017.
- CRUZ, J. C. et al. Manejo do solo e adubação. **Embrapa**, 2021.
- CRUZ, J. C. et al. Manejo da cultura do Milho. **Artigo**, Sete Lagoas, 2006.
- CRUZ, J. C. et al. Cultivo do Milho. **EMBRAPA**, 2010.
- CRUZ, J. C. et al. Produção de milho orgânico na agricultura familiar. **Artigo Sete Lagoas**, 2006.
- FERNÁNDEZ, V. et al. Foliar iron fertilization of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch): effects of iron compounds, surfactants and other adjuvants. **Plant and Soil**, v. 289, p. 239-252, 2006.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4 [S.l.], p. 529-535, 2019.
- FOX, J.; WEISBERG, S. **An {R} companion to applied regression, third edition**. Thousand Oaks CA: Sage. 2019. Disponível em: <<https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>>. Acessado em 25 de agosto de 2024.
- GAI, M. E. et al. Fertilização de sulfato de magnésio na cultura do milho submetido à inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal. **Revista Cultivando o Saber**, v. 14, 2021.
- GEIGER, D. Plant sucrose transporters from a biophysical point of view. **Molecular Plant**, v. 4, n. 3, p. 395-406, 2011.
- HAUER-JÁKLI, M.; TRÄNKNER, M. Critical Leaf Magnesium Thresholds and the Impact of Magnesium on plant growth and photo-oxidative defense: a systematic review and meta-analysis from 70 years of research. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1 - 15, 2019.

HERMANS, C. et al. Physiological characterization of magnesium deficiency in sugar beet: acclimation to low magnesium differentially affects photosystems I and II. **Planta**, v. 220, n. 2, p. 344-355, 2004.

HERMANS, C.; VERBRUGGEN, N. Physiological characterization of Mg deficiency in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 418, p. 2153-2161, 2005.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática** - SIDRA: tabela 839 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida e rendimento médio de milho, 1ª e 2ª safras. Rio de Janeiro, 2016.

LINHARES, P. C. A. **Tolerância ao déficit hídrico de mudas de *Coffea arabica* L. suplementadas com magnésio foliar**. 99 p.: il. 2021. Tese (Doutorado em Agronomia: Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.

LIVRAMENTO, D. E. et al. Influência da produção nos níveis de carboidratos e recuperação de cafeeiros após recepagem. **Revista Ceres**, v. 50, n. 292, p.737-752, 2003.

LOBATO, A. K. S.; SILVA, P. M. L. Milho e seu processamento visando eficiência digestiva em bovino. **Biblioteca Digital de Trabalhos Acadêmicos**.

LOPES, J. P. et al. Análise de crescimento e trocas gasosas na cultura de milho em plantio direto e convencional. **Revista Instituto Agrônomo de Campinas**, V. 68, n 4, 2009.

MARQUES, F. et al. **Parâmetros qualitativos e quantitativos de silagem de milho sem espiga**. Disponível em:
https://www.dracena.unesp.br/Home/Eventos/SICUD2010*/154_2010.pdf. Acesso em: 27 jan. 2023.

PASSOS TIGGES, C. H. et al. **Épocas de semeadura de milho em plantios de sequeiro e irrigado em Minas Gerais**. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas, MG. Circular Técnica, 225, Versão Eletrônica, 2016. 20p.

PRADO, M. R. **Magnesium**. In: Mineral nutrition of tropical plants. Springer, page: 165-174, 2021.

RIBAS, J. A. **Efeito da aplicação foliar de fontes de magnésio no desempenho produtivo do milho híbrido P370VYH**. Disponível em:

<http://dspace.unirb.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/579/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 06 nov. 2022.

ROSA, M. et al. Soluble sugars - metabolism, sensing and abiotic stress: a complex network in the life of plants. **Plant Signalling & Behavior**, v. 4, n. 5, p. 388-393, 2009.

ROSSI, J. P. R. et al. **Diferentes fontes de magnésio via tratamento de sementes e adubação foliar cultura do milho**. Disponível em:

https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/13373/56__DIFERENTES_FONTES_DE_MAGN_SIO___Clovis_A_de_Souza___Joao_Rech_Rossi___Depto_de_Agronomia_16013099759728_13373.pdf. Acesso em: 29 de novembro de 2024.

SILVA, A. A. et al. Potassium supplementation promotes osmotic adjustment and increases water use efficiency in sugarcane under water deficit. **Sugar Tech**, v. 23, n. 5, p. 1075-1084, 2021.

SILVA, A. A. et al. Genotypic variation of sugarcane for salinity tolerance: Morphological and physiological responses. **Ciência e Agrotecnologia**, 46: e000122, 2022.

SOUZA, L. T. **Análise da mudança das características do solo em área de cultivo de soja e milho ao longo de três anos em função das práticas de cultivo e adubação utilizando análise de componentes principais**. Disponível em:

https://bdm.unb.br/bitstream/10483/35863/1/2023_LumaTeixeiraDeSouza_tcc.pdf. Acesso em: 29 de novembro de 2024.

TANDZI, L. N.; MUTENGWA, C. S. Estimation of maize (*Zea mays* L.) yield per harvest area: appropriate methods. **Agronomy**, v. 10, n. 29, 2020.

TRÄNKNERA, M.; TAVAKOLB, E.; JÁKLI, B. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. **Physiologia Plantarum**, v. 163, n. 3, p. 414-431, 2018.

VILAR, D. et al. Manejo do Solo para a Cultura do Milho. **Artigo Portal Agriconline**, 2022.

XIE, K. et al. Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. **The Crop Journal**, v. 9, p. 249 - 256, 2021.

ANEXOS

(A)



(B)



Anexo 1. Preparo do solo (A), e germinação das sementes de Milho (B). Catolé do Rocha, PB. Fonte: autor (2023).

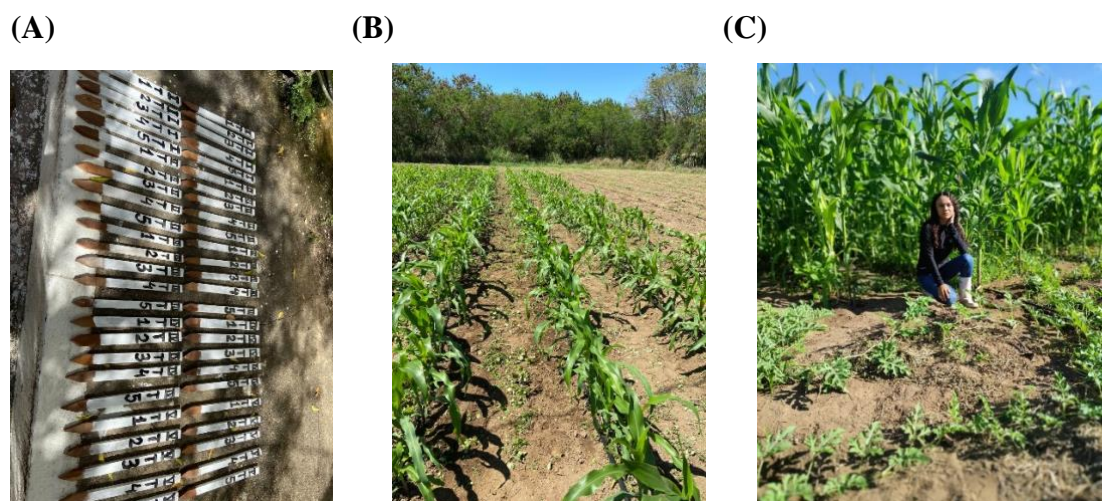
(A)



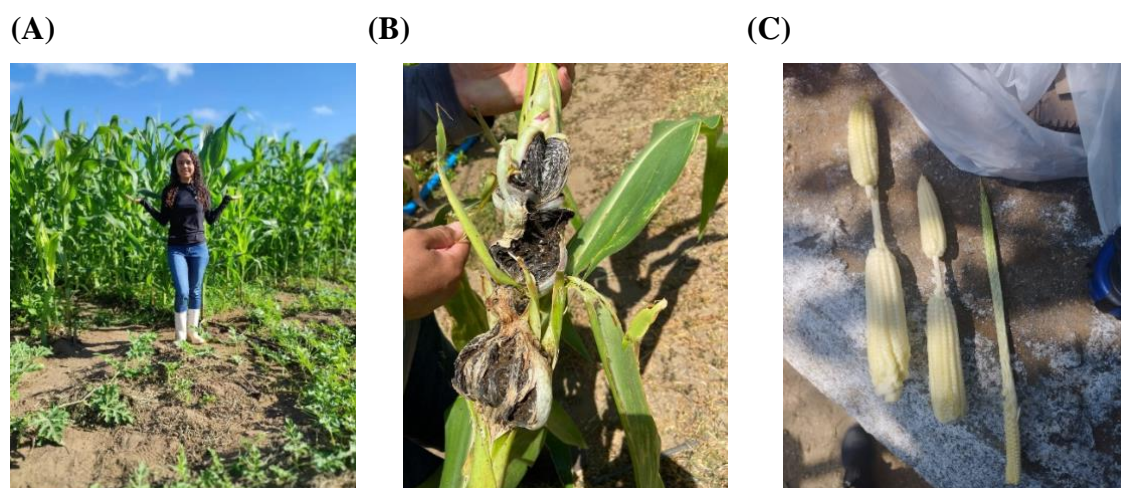
(B)



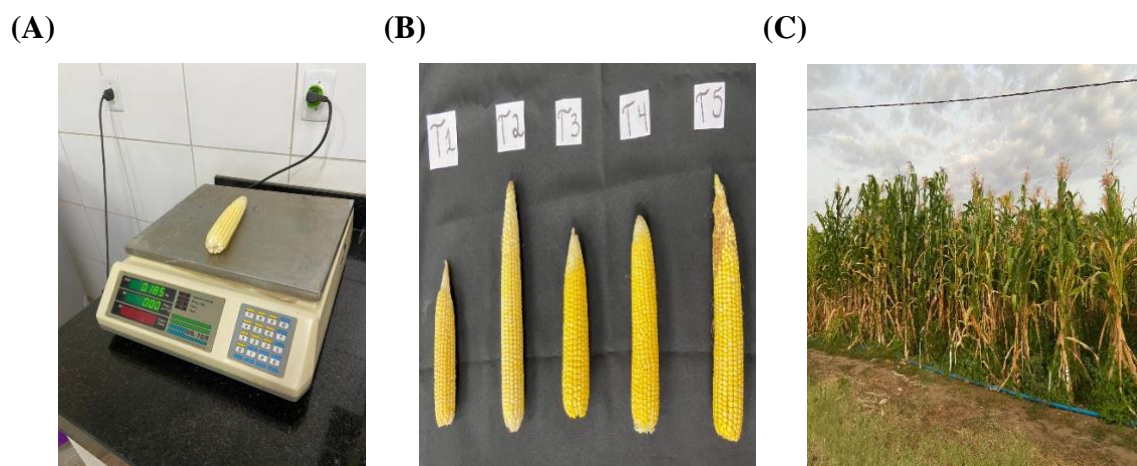
Anexo 2. Análise em laboratório em teste de desenvolvimento da germinação do Milho (A), e observação do milho, através do microscópio (B). Catolé do Rocha, PB. Fonte: autor (2023).



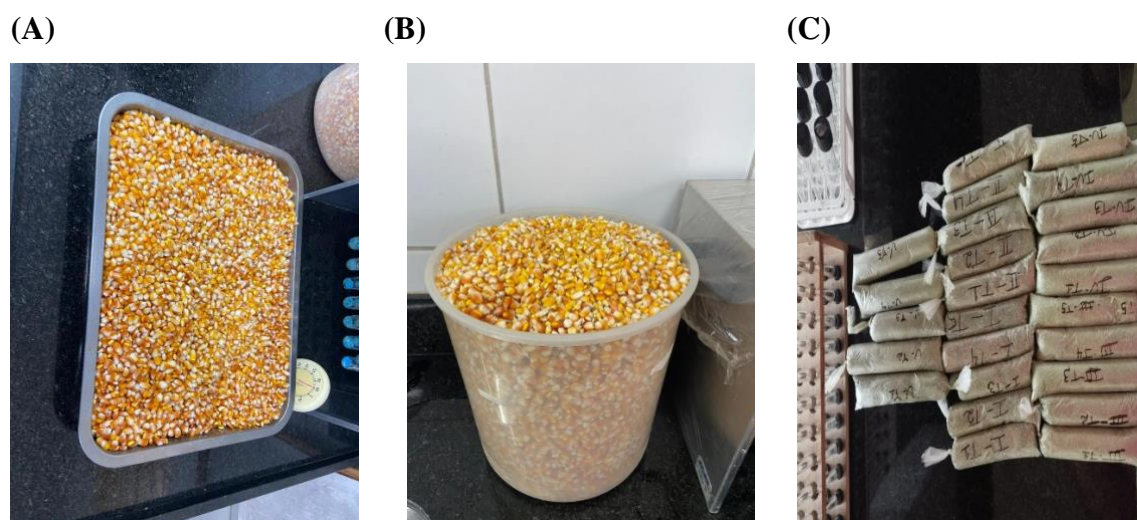
Anexo 3. Colocação dos piquetes (A), plantio do milho (B) e acompanhamento do crescimento do milho (C). Catolé do Rocha, PB. Fonte: autor (2023).



Anexo 4. Além de acompanhar o crescimento do milho (A), foi encontrado um fungo chamado *huitlacoche* (B) e também em algumas espigas houve algumas com deformações na espiga (C). Catolé do Rocha, PB. Fonte: autor (2023).



Anexo 5. Pesagem das espigas do milho (A), Comprimento e medição das espigas (B) Processo de secagem da plantação do milho (C). Catolé do Rocha, PB. Fonte: autor (2023).



Anexo 6. Processo de debulhar as espigas (A), Separação e secagem dos grãos de milho (B) embrulhamento depois da trituração (C). Catolé do Rocha, PB. Fonte: autor (2023).