ReGeo ISSN: 2177-3246

UTILIZAÇÃO DO AGENTE BIOLÓGICO TRICHODERMA SP. E DOSES DE MOLIBDÊNIO NA CULTURA DO MILHO

USE OF THE BIOLOGICAL AGENT TRICHODERMA SP. AND DOSES OF MOLYBDENUM IN CORN CULTURE

UTILIZACIÓN DEL AGENTE BIOLÓGICO TRICHODERMA SP. Y DOSIS DE MOLIBDENO EN EL CULTIVO DE MAÍZ

https://doi.org/10.56238/revgeov17n7-075

Data de submissão: 30/05/2026 **Data de publicação:** 14/07/2026

Gabriel dos Santos Cabral
Mestrando em Produção Animal
Instituição: Universidade Estadual de Goiás (UEG)
E-mail: Gabriel.s.cabral@hotmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0009-9600-5378
Lattes: http://lattes.cnpq.br/6400736884387545

Danilo Corrêa Baião
Mestrando em Produção Animal
Instituição: Universidade Estadual de Goiás (UEG)
E-mail: engdanilobaiao@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-2429-2119
Lattes: http://lattes.cnpq.br/1227904241487342

Édina Terto Silva
Graduada em Pedagogia
Instituição: Universidade Luterana do Brasil (Ulbra)

João Eduardo Reis Sousa
Mestrando em Produção Animal
Instituição: Universidade Estadual de Goiás (UEG)
E-mail: joaoeduardoreissousa15@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6894-6319
Lattes: 1205288510461331

Edyane Luzia Pires Franco
Doutoranda em Agroquímica
Instituição: Instituto Federal Goiano (IF Goiano), Campus Rio Verde
E-mail: Edyaneflor1@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0006-9400-8530
Lattes: http://lattes.cnpq.br/9924684511290965

Anna Carolina Rosa Bastos
Mestranda em Produção Animal e Forragicultura
Instituição: Universidade Estadual de Goiás (UEG)
E-mail: annacarolinarb@outlook.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-9813-5816
Lattes: http://lattes.cnpq.br/3831120358217004

Marco Antônio Camillo de Carvalho
Doutor em Agronomia
Instituição: Unemat – Alta Floresta
E-mail: marcocarvalho@unemat.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-4966-1013
Lattes: 2219061872247474

Carlos Eduardo Pereira da Conceição
Mestrando em Produção Animal e Forragicultura
E-mail: carlos38zoo@hotmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0003-6898-4907
Lattes: http://lattes.cnpq.br/6223904934437707

Dieferson Piedro da Silva
Articulador Regional
Instituição: EDUCA MT (Diretoria Regional de Educação)
Orcid: 0009-0009-5052-6186
E-mail: dieferson.lima@edu.mt.gov.br

Juliana Assiol Torres
Estudante de Agronomia
Instituição: Instituto Federal de Rondônia – Campus Colorado do Oeste
E-mail: Juliana123assiol@gmail.com

Clesiane Garcia Xavier
Agronomia
Instituição: FAMA RO
Orcid: 0009-0003-2378-5971

RESUMO
Adoção de manejos sustentáveis na agricultura orienta as tomadas de decisões. Estudos sobre micronutrientes, como Molibdênio e fungos do gênero Trichoderma, são pertinentes. A pesquisa foi conduzida a campo na Fazenda Ke Soja em Sapezal – MT, safra 2020/21. O delineamento foi de blocos casualisados, no esquema fatorial 4 x 2 + 1, com três repetições. Os tratamentos foram de quatro doses de Mo (105, 210, 315 e 420 g de Mo ha-1) com e sem Trichoderma e um tratamento testemunha adicional. Foram avaliadas : altura de planta, altura de inserção da espiga, diâmetro de colmo, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras de grãos por espiga, massa de 100 grãos, produtividade, teores de clorofila A, B e total. Não houve diferença significativa nas doses de Mo. Sobre o diâmetro de espiga, produtividade de grãos e teor de clorofila B e atividade microbiana do solo, o Trichoderma foi superior.

Palavras-chave: Molibdênio. Trichoderma Sp.. Fotossíntese.

ABSTRACT
Adoption of sustainable management in agriculture guides decision-making. Studies on micronutrients, such as Molybdenum and fungi of the genus Trichoderma, are pertinent. The research was conducted in the field at Fazenda Ke Soja in Sapezal – MT, 2020/21 harvest. The design was

randomized blocks, in a 4 x 2 + 1 factorial scheme, with three replications. The treatments were four doses of Mo (105, 210, 315 and 420 g of Mo ha-1) with and without Trichoderma and an additional control treatment. The following were evaluated: plant height, ear insertion height, stem diameter, ear length, ear diameter, number of rows of grains per ear, mass of 100 grains, productivity, chlorophyll A, B and total levels. There was no significant difference in Mo doses. Regarding ear diameter, grain productivity and chlorophyll B content and soil microbial activity, Trichoderma was superior.

Keywords: Molybdenum. Trichoderma Sp.. Photosynthesis.

RESUMEN
La adopción de manejos sostenibles en la agricultura orienta la toma de decisiones. Los estudios sobre micronutrientes, como Molibdeno y hongos del género Trichoderma, son pertinentes. La investigación se realizó en campo en la Granja Ke Soja en Sapezal – MT, cosecha 2020/21. El diseño fue bloques al azar, en un esquema factorial 4 x 2 + 1, con tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en cuatro dosis de Mo (105, 210, 315 y 420 g de Mo ha-1) con y sin Trichoderma y un tratamiento control adicional. Se evaluaron: altura de la planta, altura de inserción de la espiga, diámetro del tallo, longitud de la espiga, diámetro de la espiga, número de hileras de granos por espiga, masa de 100 granos, productividad, niveles de clorofila A, B y total. No hubo diferencia significativa en las dosis de Mo. Con respecto al diámetro de la espiga, productividad de granos y contenido de clorofila B y actividad microbiana del suelo, Trichoderma fue superior.

Palabras clave: Molibdeno. Trichoderma Sp.. Fotosíntesis.

1 INTRODUÇÃO

O milho (Zea mays) é um dos três cereais mais plantados no mundo, sendo a maior demanda para utilização em ração animal. O Brasil é o terceiro maior produtor do grão, ficando atrás dos Estados Unidos e China. Dos 1,197 bilhões de toneladas produzidas mundialmente na safra 2021/2022, o Brasil produziu mais de 118 milhões de toneladas. Brasil, Argentina e Estados Unidos são os maiores exportadores do grão. China não entra nessa lista por também ser um dos maiores consumidores dessa cultura. O Brasil vive um momento promissor para o produtor de milho, com perspectivas de aumento das exportações, retomada da demanda interna pelo grão em função da produção de etanol de milho e o mercado de carne aquecido (COÊLHO, 2020).

Com uso intensivo dos solos pelo sistema de monocultura, torna-se cada vez mais difícil manter a fertilidade dos solos. Dessa forma, a utilização eficiente dos fertilizantes vem se tornando cada vez mais importante. O conhecimento do comportamento dos macronutrientes e micronutrientes no sistema solo planta, como quantidades e proporções demandadas pelos diferentes nutrientes no solo e nas culturas, além do sinergismo entre os nutrientes é o ponto de partida para estudos em alternativas que vão ao encontro com práticas menos agressivas ao meio ambiente e, também, com potencial de diminuir custos de produção (AGUIAR, 2014).

O estudo em nutrição de plantas vem se tornando cada vez mais importante devido, principalmente, aos materiais com alto investimento tecnológico, sementes com muita tecnologia embutida, a qual se torna indispensável avanços nos sistemas de cultivo fornecendo para a planta quantidades adequadas de nutrientes justificando essa tecnologia e a explanação da fenologia dos materiais (CECÍLIO-FILHO *et al.*, 2019).

O Molibdênio (Mo) é um micronutriente aniônico, o qual libera ânion em meio aquoso, oriundo da decomposição das rochas, sendo a principal a molibdenita (ALVES E BERTI, 2022). O aumento da atividade do Mo no sistema solo-planta em pH próximo de 8,0 se dá pelo fato do molibdato (MoO4-2) ter seus sítios de troca movimentado pela hidroxila (OH-), sendo que para cada unidade a mais de pH, o Mo tem sua solubilidade aumentada em cem vezes (LOPES, 2007; ALVES E BERTI, 2022). O acréscimo de pH no solo culmina no aumento de sua disponibilidade para planta. Nos solos brasileiros, os valores médios encontrados na camada superficial dele está entre 0,06 e 6 mg kg-1 (MALAVOLTA *et al.*, 1991; ALVES E BERTI, 2022).

Muitos solos já têm quantidades suficientes de Mo, podendo também as demandas das plantas por Mo serem supridas pela quantidade do micronutriente presente na semente, porém há uma carência em informações sobre dosagens de Mo para as culturas além de muita divergência entre os resultados estudados, não havendo o consenso para o fornecimento do micronutriente. O Mo pode ser fornecido

para as plantas no sulco de plantio, tratamento de sementes e aplicação foliar. Condições, como, baixas temperaturas, altas quantidades de N, excesso de chuvas e solos acidificados indisponibilizam o micronutriente para as plantas; na questão dos solos ácidos, torna-se um assunto relevante devido a essa ser uma característica dos solos brasileiros pois o Mo, enquanto Molibdato, reage com os óxidos de ferro e alumínio se tornando indisponível (TEIXEIRA, 2006; CECÍLIO-FILHO, 2019, SHI *et al.*, 2018).

O uso da formulação do mo solúvel em água é o mais indicado devido à absorção pela planta que se dá pela solução do solo, sendo as fontes de Molibdato de Sódio e Molibdato de Amônio as mais utilizadas. O Mo, entre outras reações no metabolismo dos vegetais, atua como cofator nas enzimas Nitrogenase, oxidase de Aldeído, redutase do Nitrato, oxidase do Sulfato, oxidase da Xantina e transporte de elétrons nas reações bioquímicas, e o de maior relevância neste estudo, sua influência na fixação de nitrogênio na planta (ASCOLI. A. A.; SORATTO, R. P.; MARUYAMA, W. I. 2008; LABORSOLO, 2013, MALAVOLTA 2006).

Existe na literatura poucas informações relacionada à aplicação de fertilizantes à base de molibdênio (Mo), que embora seja necessário em pequenas quantidades (0,1 a 0,2 mg kg-1 de matéria seca) sua deficiência se mostra relevante apresentando sintomas como folhas deformadas, de tamanho reduzido apresentando clorose, zonas necróticas nas folhas e brotos, queda e morte prematura das folhas, sintomas semelhantes aos apresentados pela deficiência de n devido à ação do Mo na atividade de Nitrogenase, diminuindo as transformações do N. Uma vez que biológicas transformações de n é diminuída, pode ocorrer acúmulo de nitrato culminando na diminuição da redutase do nitrato, interferindo também na síntese de ácido ascórbico, quantidade de clorofila e atividade respiratória (FONSECA, 2006; DECHEN, NACHTIGALL, 2006). Já para os sintomas de toxidez, há poucos relatos e pouco visualizado em condições de campo, podendo ser observado nos estádios reprodutivos e vegetativos (LORENZETTI *et al.*, 2016).

O gênero *Trichoderma*, fungo da classe *Sordariomycetes*, do filo *Ascomycota* e da família *Hypocreaceae*, usados na agricultura, são aqueles que têm a capacidade de colonizar o ambiente do solo onde são altamente adaptados e competitivos na rizosfera, bem como distribuídos em todo globo terrestre. O *Trichoderma* é um fungo saprófita que tem como estrutura vegetativa e reprodutiva, respectivamente, os micélios e conídios, apresenta funções importantes na ecologia, na qual tem relevante papel no equilíbrio ambiental, pois ele atua na mineralização dos restos vegetais. São fungos considerados oportunistas ambientais com rápido crescimento e colonização agressiva, hiperparasitas de fungos fitopatogênicos, microrganismos antagônicos, estabelecem relações benéficas com as plantas o que culmina em promoção de crescimento e indução de resistência. É utilizado em tratamento

de sementes, em sulcos de semeadura ou aplicado de forma foliar onde é amplamente utilizado para controle biológico de doenças de plantas e na incrementação de crescimento vegetal (ABREU E PFENNING 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

A forma como o *Trichoderma* atua no sistema solo-planta vem se tornando uma ferramenta para redução do uso de defensivos químicos na agricultura e, também, atua na melhoria da eficiência da planta. Algumas espécies agem na degradação da parede celular de fitopatógeno, através das enzimas celulolíticas (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Estima-se que de 15 a 20% de perdas na produção agrícola são causadas por fitopatógenos. Os altos gastos com controle químico, baixa eficiência desses e a demanda por alternativas sustentáveis vêm sendo buscadas pela comunidade agrária. Assim, o controle biológico vem crescendo no setor com propostas promissoras no sentido de controle de fitopatógenos, sendo uma ferramenta adicionada aos controles tradicionais (CONTO *et al.*, 2021).

O uso de Trichoderma na cultura do milho vem de encontro com o uso do fungo em outras culturas. Pesquisas que envolvem esse gênero de fungo têm aumentado significativamente devido às facilidades de isolamento e quantificação de propágulos em meios de cultura, ao desenvolvimento de novas técnicas de sobrevivência e proliferação no solo e na rizosfera e, ainda, à existência de novos biotipos resistentes a fungicidas. O fungo também é capaz de colonizar todas as partes do sistema radicular, pode ainda se estabelecer nas raízes, crescer juntamente com o sistema radicular, permanecendo funcional durante todo o ciclo de uma cultura anual (STEFFEN, *et al.*, 2021).

O presente estudo tem o intuito de analisar o uso de diferentes doses de molibdênio na cultura do milho em conjunto com a utilização do agente biológico Trichoderma sp visando melhoria na produtividade e melhor aproveitamento dos recursos utilizados na agricultura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O milho (Zea mays) é um dos três cereais mais plantados no mundo. São mais de 150 espécies diferentes, a maior demanda é para utilização em ração animal (COÊLHO, 2020). O milho se destaca como um dos cereais de maior valor nutritivo e taxas de consumo mundial, tendo seu relevante papel tanto no agronegócio quanto na questão social. O milho é o terceiro cereal mais produzido no Brasil e com perspectivas futuras otimistas. No Brasil a produção é caracterizada por duas épocas de plantio, primeira e segunda safra ou safra de verão e safrinha, respectivamente. Seus principais usos são na indústria de rações animais, indústria de alimentos, etanol entre outros (CAIONI, *et al.*, 2016).

O nitrogênio (N) é o nutriente de maior demanda pela cultura do milho e o que mais limita seu pleno desenvolvimento. O nutriente participa da formação de células, tecidos, clorofila, ácidos

nucléicos, é o principal elemento das proteínas, promove a formação de aminoácidos, também está em vários hormônios vegetais. A deficiência desse elemento acarreta clorose nas folhas mais velhas bem como decréscimo no crescimento da planta. A absorção do N pelo milho se dá principalmente na forma de nitrato (NO3-) obtido pelo processo de nitrificação ocorrido no solo, onde com a ação da enzima redutase do nitrato, que ocorre nas folhas, colmos e raízes, é reduzida a nitrito (NO2-) e com a ação da enzima redutase do nitrito é transformada em amônio (NH4+) e posteriormente é incorporado em aminoácidos e proteínas (CAIONI, *et al.* 2016; BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000).

As perdas de N na agricultura é um passivo de ordem econômica e ambiental, pois mais de 50% dos insumos nitrogenados utilizados nas lavouras são perdidos. As perdas para o ambiente se dão por lixiviação (nitrato), Volatilização (Amônia (NH3)) e atmosfera (Óxido nitroso (N2O)). Essas perdas provocam danos ao meio ambiente de diversas formas como a eutrofização de habitats devo às perdas de amônia para atmosfera, acidificação de solos devido a conversão do amônio em nitrito, intensificação do efeito estufa principalmente quando lançado óxido nitroso na atmosfera que contribui para a diminuição da instável camada de ozônio (O3), configurando como uma das causas do fenômeno das mudanças climática mundiais (NEKAWA, 2015; OLIVEIRA *et al.* 2019).

O Mo é necessário em pequenas doses pelas plantas, doses maiores que 5 µg pode ser potencialmente tóxico e letal para as plantas, porém, bem menos que outros metais como zinco e cobre, em alguns casos a quantidade presente no solo e nas sementes já são o suficiente para a cultura, porém são poucos estudos testando a eficiência de doses do micronutriente. Sua absorção pode ser afetada em baixas temperaturas, solos ácidos, alta pluviosidade e alta fertilidade de Nitrogênio. O Mo pode ser fornecido para as plantas em sulco de plantio, tratamento de sementes e aplicação foliar. Os sintomas da deficiência são parecidos com os de deficiência de N por estar relacionado diretamente ao macronutriente (CECÍLIO-FILHO *et al.*, 2019; SHI *et al.*, 2018).

Há uma carência na literatura sobre informações relacionadas a micronutrientes como o Molibdênio, assim como informações precisas sobre dosagens a serem fornecidas para a cultura do milho, em geral 40 a 50 g ha-1 são suficientes para suprir as necessidades da maioria das culturas. Os artigos em sua maioria divergem com relação aos incrementos em produtividade do Mo e alguns apontam sobre a influência de fatores como ph do solo e fornecimento de N, diante das informações é imprescindível pesquisas que venham a sanar por completo questões envolvendo dosagens de Mo bem como seu comportamento na cultura do milho e, também, em outras (LORENZETTI, *et al.*, 2016; CAIONI, *et al.*, 2016).

Estudos tem proposto que a utilização de N pelo milho pode ter sua eficiência aumentada pelo Mo em doses adequadas o que culmina em aumento da produção assim como suas perdas para o ambiente (PICAZEVICZ; KUSDRA; MORENO, 2017).

Segundo Conto *et al.*, 2021, várias são as utilizações de Trichoderma na agricultura como principalmente controle biológico e microrganismo promotor de crescimento de plantas. São tidos como fungos de vida livre sendo os agentes com mais referências nas literaturas do mundo. O uso de biopesticida e biofertilizante vem se firmando como uma alternativa a mais no aumento da produtividade de forma menos nociva ao meio ambiente além de menos onerosa (OLIVEIRA, *et al*, 2019). Por não apresentar toxicidade ao homem vem sendo utilizada também como tecnologia viável em frutas pós-colheita em diversas frutas como maçã, morango, cítrico e banana se mostrando eficiente no controle de doenças de pós-colheita (OLIVEIRA, *et al.*, 2018).

Os mecanismos pelos quais o Trichoderma atua, além dos já citados, tem também a solubilização de micronutrientes insolúveis no solo proporcionando maior absorção e translocação de minerais pouco disponíveis. Na cultura do milho, a literatura descreve como positiva se verificando todas as características pertinente do fungo enquanto promotor de crescimento e antagônico de micro-organismos fitopatógeno (STEFFEN, *et al.*, 2021).

3 METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido à campo no município de Sapezal – MT, na Fazenda Ke Soja, localizada na latitude13°57'22,4" S, longitude de 58°46'41 W (Figura 1), com altitude de 387 metros, clima tropical com estação seca definida (Aw), segundo Köppen Geiger. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico de textura franco argilo arenosa (EMBRAPA 2013). A análise de solos feita na profundidade de 0 a 10 cm apresentou os seguintes resultados (Tabela 1).

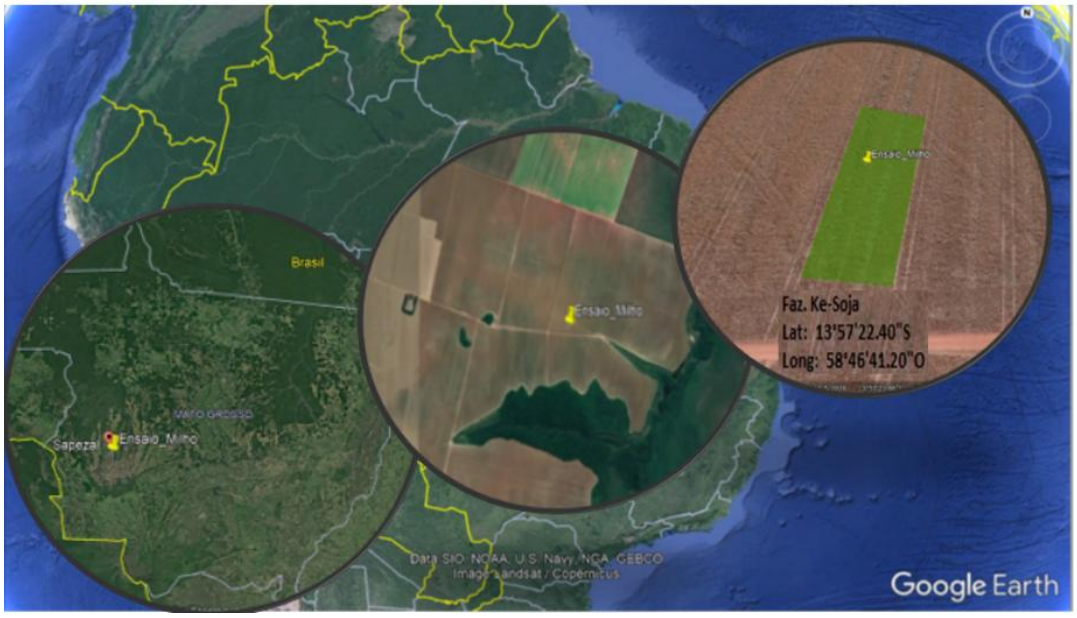
Tabela 1. Características físico-químicas das amostras de solos utilizadas no experimento.

Mo	Ph	Al^{3+}	$H^+ + Al^{3+}$	$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	Ca^{2+}	K^+
($mg\ kg^{-1}$):	H_2O		$cmol_c\ dm^{-3}$			
0,075	6,8	0,0	1,0	2,7	2,1	0,036
P	M.O.	CTC	V	Areia	Silte	Argila
$mg\ dm^{-3}$	$g\ dm^{-3}$	$cmol_c\ dm^{-3}$	%	$g\ kg^{-1}$		
58,5	0,6	3,736	73	645	60	295

Fonte: Laboratório UNISC, Santa Cruz do Sul, RS.

O híbrido de milho utilizado foi o Agroeste 1555 Pro 3 que tem como características ter ciclo precoce, altura média de planta de 267 cm, média de altura de inserção de espiga de 145 cm, arquitetura semiereta, cor do grão alaranjado, cor do sabugo branco, textura semidentado, apresenta moderada tolerância às doenças: Cercóspora, Ferrugem Polissora e Complexo do Enfezamento. Ademais, apresenta-se como tolerante à Mancha Branca e Diplodia na Espiga, ampla adaptação às regiões produtoras do Brasil, população recomendada de 50.000 a 80.000 plantas ha-1 (AGROLINK, 2018). A população utilizada foi de 62.500 plantas ha-1. Utilizou-se para adubação 100 kg de MAP (12% de N e 54% de P2O5) por hectare, 100 kg de Cloreto de potássio (60% K2O) na semeadura e 200 kg de ureia (45% de N) em cobertura. Foram realizados tratos culturais pertinentes ao planejamento da propriedade para plantas daninhas, pragas e doenças. Foram feitas três aplicações de inseticida acetamiprido (200SP, 300 gr ha-1), uma no pré plantio e as outras duas, a cada dez dias após a primeira aplicação, também foram aplicados os inseticidas diflubenzuron (80 WG, 30 gr ha-1) e metomil (215 SL, 500 mL ha-1) em duas aplicações, V3 (três folhas completamente desenvolvidas) e V7 (sete folhas completamente desenvolvidas). Para controle de plantas daninhas se utilizou o hebicida glyfosate (720 WG, 1500 gr ha-1). Foram feitas três aplicações de fungicidas, a primeira e a segunda com Pycoxistrobina junto com tebuconazol mais mancozeb (2000 gr ha-1) e a terceira com mancozeb (1000 gr ha-1).

Figura 1. Localização do experimento.



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 4 x 2 + 1, com 3 repetições. Os tratamentos foram compostos pela combinação de quatro doses de Mo (105,

210, 315 e 420 g de Mo ha-1) com e sem *Trichoderma* na dose 250 mL ha-1 e um tratamento testemunha adicional sem a aplicação de Mo e de *Trichoderma*. Cada parcela possuiu 30 m2 composta por 12 linhas de 5 metros espaçadas 0,5 m entre si, com área útil, de 12 m2 composta por oito linhas centrais se desprezando 1 m em ambas as extremidades. O produto à base de *Trichoderma* utilizado era composto pelas espécies *Trichoderma harsianum, Trichoderma viride e Trichoderma Koningii,* com concentração de 1x108 esporos g-1.

A aplicação com *Trichoderma* e as doses de Molibdênio foram realizadas concomitantemente no estágio V4/V5, período em que se estabelece a produção potencial da cultura, a iniciação de folhas e espiga, iniciação do pendão já pode ser vista microscopicamente em V5, sistema radicular em pleno desenvolvimento, as raízes nodais são dominantes e o crescimento das folhas ainda ocorre no meristema apical (ponto de crescimento), o qual ainda se encontra abaixo da superfície do solo (Figura 2a) (MAGALHÃES E DURÃES, 2006).

A aplicação das doses de Mo e Trichoderma foi realizada no dia 11 de abril na safra 2021/2022, no qual utilizou-se um pulverizador equipado com cilindro de CO2 disposto de uma barra com dois bicos do tipo leque XR 110.02 espaçados de 0,5 m e calibrado a uma vazão de 200 L ha-1 (Figura 2b) com uma distância de 0,5 m de altura do alvo.

Figura 2a e 2b. Planta de milho em estágio V5 (2a) e pulverizador tipo leque XR 110.02 (2b), respectivamente.



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Foram avaliadas as seguintes características em relação às plantas de milho: altura de planta, altura de inserção da espiga, diâmetro de colmo, comprimento, diâmetro e número de fileiras de grãos por espiga, massa de 100 grãos, produtividade e os teores de clorofila A, B e total. Para a análise da clorofila A, B e total, foi utilizado colorofilômetro (Clorofilog, Falker CFL 1030), as leituras pelo clorofilômetro foram feitas em pontos situados na metade a dois terços do comprimento da folha da amostra, a partir da base, e a dois centímetros de uma das margens da folha. Foram coletados cinco pontos na parte abaxial e cinco pontos na parte adaxial de cada folha-índice (primeira folha abaixo da espiga), das dez plantas coletadas de forma aleatória por parcela experimental, as partes das duas extremidades de cada folha foram descartadas.

Os dados para altura de plantas, altura de inserção da espiga, diâmetro de colmo foram coletados no estágio de maturação fisiológica da cultura em dez plantas escolhidas ao acaso na área útil de cada parcela. Com auxílio de trena, foram medidas a altura de plantas da base até a folha bandeira, a altura de inserção da espiga foi aferida da base até a inserção da espiga, para diâmetro do colmo, com ajuda de paquímetro, foi mensurado na região basal da planta, entre o segundo e o terceiro entrenó.

Após a colheita das espigas, elas foram descascadas e feita a contagem do número de fileiras. Na sequência, após a debulha manual das espigas da área útil de cada parcela, foram aferidas a umidade dos grãos das amostras. Na sequência, foi determinada a produção por parcela e esta convertida a kg ha-1 e se determinou também o peso de 100 grãos, ambos corrigidos a umidade a 13%.

Para as análises da atividade microbiana do solo, utilizou-se a metodologia apresentada por Silva *et al.* (2007) que descreve os métodos de Jenkinson & Powlson (1976) e Vance *et al.* (1987) para a determinação da RBS (Respiração basal do solo), qCO2 (quociente metabólico do solo) e BMS-C (Carbono da biomassa microbiana). Visando manter as amostras em condições mais próximas da quais foram coletadas no campo, as amostras foram mantidas em caixa térmica com gelo e encaminhadas, no prazo máximo de 24 horas, para o laboratório. As análises foram realizadas em triplicada, para maior confiabilidade dos dados.

3.1 DETERMINAÇÃO DA UMIDADE RELATIVA FRENTE A CAPACIDADE DE CAMPO DO SOLO

Foram determinadas a umidade do solo na capacidade de campo e a umidade do solo assim que foram coletadas. Foi preenchida uma proveta de 100 ml com 80 ml do solo, já peneirado, no momento da coleta. Na sequência, foi adicionada água até que a umidade atingisse 40 a 50% do volume do solo e foi coberto com papel alumínio. Após 12 horas em pousio foi retirada uma parte do solo da região

molhada e colocada na estufa a 105°C até que as amostras atingiram umidade constante. A determinação da umidade total do solo das amostras foi obtida pela seguinte equação:

$$\frac{\text{RBS (mgC} - \text{CO2 Kg} - 1)}{\text{CBM (mgC} - \text{CO2Kg} - 1\text{ dia} - 1)} \quad \text{(I)}$$

Pu = Peso úmido do solo

Ps = Peso seco do solo Logo após foi mensurada a umidade percentual pela seguinte equação:

U(g de água g-1 de solo) = (Pu – Ps)/Ps (Equação I)

Ur = Umidade relativa do solo fresco na capacidade de campo

Ua = Umidade do solo da amostra (g de água g-1 de solo)

Uc = Umidade do solo na capacidade de campo (g de água g-1 de solo). Cada amostra foi dividida em três frações de 50 g e colocadas em potes de vidro de 100 ml, uma das amostras foi utilizada para aferição da umidade do solo e as outras para respiração basal do solo.

Com as amostras já pesadas e condicionadas em potes de vidro de 100 ml, foi utilizado para cada uma das 27 amostras 10 ml de NaOH (Hidróxido de sódio) a 1 M (Molar), que foi acondicionada junto à amostra de solo dentro dos potes de vidro de 2 L hermeticamente fechados que acomodaram os dois potes de vidro de 100 ml. Também houve um frasco de vidro de 2 L com apenas o pote com NaOH, servindo de solução controle. Logo após todo o procedimento, as amostras foram mantidas em local escuro com temperatura entre 25 a 29°C por 7 dias.

3.1.1 Quantificação do CO2 emitido

Logo após a incubação das amostras o frasco contendo o NaOH, foi retirado do frasco de 2 L e adicionado ao mesmo 2 ml de BaCl2 (Cloreto de bário) a 10% (m/v) para que ocorra a completa precipitação do CO2. Em seguida, foi fechado imediatamente o frasco com a solução precipitada. Apenas a sub-amostra precipitada que foi titulada que foi destampada, na amostra destampada foram adicionadas duas gotas de fenolftaleína 1 % (m/v), as quais foram tituladas no agitador magnético com solução de 0,5 M de HCl (Ácido Clorídrico), no final da titulação a cor mudou de rosa para incolor, atingindo o ponto de viragem.

3.1.2 Determinação da molaridade exata do HCl

Foram adicionados 50 ml da solução THAM (Tris hidroxi amino metano (C4H11NO3)) e 10 ml de solução de Ácido Bórico (H3BO3) no Erlenmeyer, titulado no agitador magnético com HCl. No

final da titulação, a coloração foi de verde para rosa. Para mensurar a molaridade exata do HCl foi utilizada a equação:

Ur(%) = (Ua/Uc).100 (Equação II)

Mác = Molaridade do ácido clorídrico a ser determinado

Vác = Volume do ácido clorídrico utilizado na titulação

Mtham = Molaridade da Solução THAM

Vtham = Volume de THAM usado na titulação

3.1.3 Cálculo da respiração basal do solo

Màc = (Mtham . Vtham)/Vác (Equação III)

RBS = Carbono sintetizado na respiração basal do solo

Vb (ml) = Volume do ácido clorídrico gasto na titulação da solução controle

Va (ml) = Volume gasto na titulação da amostra

M = Molaridade exata do HCl

Ps (g) = Massa do solo seco

T = Tempo de incubação da amostra em horas.

3.1.4 Determinação do Carbono da biomassa microbiana do solo

Seguindo a metodologia de Mendonça e Matos (2005), a determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM) foi realizada pesando 30 g de solo em placas de Petri e outros 30 g de solo em erlenmeyer. A amostra da placa de Petri foi irradiada no miro-ondas e, em seguida, transferida para erlenmeyer. A solução extratora (sulfato de potássio) foi adicionada ao solo e agitada por 30 minutos em agitador horizontal, o sobrenadando foi filtrado com filtro quantitativo lento. Após a extração, foram pipetadas 10 mL do extrato filtrado para um erlenmeyer, e foram adicionadas 2 mL de dicromato de potássio a 0,066 mol L-1, 10 mL de ácido sulfúrico e 50 mL de água destilada. Após a solução esfriar, três gotas de solução indicadora foram adicionadas e titulou-se o excesso do dicromato com sulfato ferroso amoniacal a 0,03 mol L-1. Foram feitas seis frações, três com solução extratora e os demais reagentes, e três sem solução extratora. Foi calculada a diferença do carbono nas amostras irradiadas e não irradiadas, o carbono da biomassa microbiana foi determinado em µg g-1 de C no solo.

3.1.5 Quociente metabólico do solo (qCO2)

O quociente se dá pela fração entre a respiração basal do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana do solo (SILVA *et al.*, 2007). Utilizado para quantificar a eficiência da utilização do substrato pelos microorganismos do solo (ANDERSON E DOMSCH, 1993). Tal método pode ser usado para indicar estresse quando a BMS-C é atingida. A mensuração se dá através da equação:

RBS (mg de C-CO2 Kg-1) = (((Vb – Va). M . 6 . 1000)/Ps)/T (Equação IV)

qCO2 = Quociente metabólico do solo

RBS = Respiração basal do solo

CBM-C = Carbono da biomassa microbiana do solo.

Foram realizadas análises dos teores foliares de N e de Mo sendo colotados terços basais da folha + 4 sem a nervura central em 10 plantas de cada tratamento (MARTINEZ *et al.*, 1999) e enviadas para análise em laboratório.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade usando o método de Kolmogorov-Smirnov e a homogeneidade das variâncias foi verificada pelo teste de Lavene e, posteriormente, submetidas à análise de variância e quando significativo as médias para Trichoderma foram comparadas pelo teste de Tukey e para a comparação entre os níveis de cada tratamento e a testemunha se aplicou o teste de Dunnett (5 % de probabilidade) e, com relação as doses de Mo, foi realizado o estudo de regressão polinomial, sendo todas as análises realizadas com o auxílio do software estatístico R e o pacote “Tratamentos.ad” (R CORE TEAM, 2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises do tecido vegetal de cada tratamento com relação aos teores de N e de Mo estão apresentadas na Tabela 2. Martinez *et al.* (1999) consideram a faixa de teor ideal de N para a cultura do milho valores de 2,75 a 3,25 dag kg-1 e o teor de molibdênio no mínimo de 0,20 mg kg-1, nos quais verificaram que os tratamentos testemunha absoluta e o tratamento com a dose de 105 g ha-1 de Mo, sem a aplicação de *Trichoderma* mostraram teores inferiores aos estabelecidos. Nota-se, também, que todos os tratamentos que receberam a aplicação de *Trichoderma* apresentaram nível de N e de Mo superior ao mínimo estabelecido.

Tabela 2. Teores foliares de de Nitrogênio e de Mobbidênio em plantas de milho em função de doses de Molibdênio com e sem o uso de Trichoderma na cultura do milho. Sapezal – MT (2021).

Molibdênio ($g\ ha^{-1}$)	Trichoderma	Nitrogênio ($Dag\ kg^{-1}$)	Molibdênio ($mg\ kg^{-1}$)
0	Sem	1,471	1,045
105	Sem	2,717	0,943
210	Sem	2,899	4,261
315	Sem	2,955	4,705
420	Sem	2,871	5,508
105	Com	2,899	2,120
210	Com	3,109	3,109
315	Com	2,731	3,583
420	Com	2,787	4,749

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Não foram verificadas diferenças significativas entre as doses de Mo para todas as variáveis estudadas (Tabela 3). Para o fator *Trichoderma* foi observado diferença significativa entre os níveis desse para altura de planta e teor de clorofila B. Ocorreu interação significativa entre os fatores doses de Mo e Trichoderma apenas para Clorofila A (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de F para altura de planta, altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo, teor de clorofila A, teor de clorofila B e teor de clorofila total de plantas de milho em função da aplicação de doses de Mo, com e sem Trichoderma e testemunha sem aplicação de Mo ou Trichoderma. Sapezal – MT (2021).

FV	Altura de Planta	Altura Ins. da Espiga	Diâme-tro de colmo	Cloro-fila A	Cloro-fila B	Cloro-fila Total
Doses de Mo (D)	0,23 ns	1,19 ns	1,86 ns	1,47 ns	3,78*	1,77 ns
Trichoderma (T)	4,87*	1,95 ns	0,78 ns	0,02*	6,07*	1,94 ns
D x T	0,72 ns	1,04 ns	1,75 ns	3,01*	2,08 ns	1,94 ns
Test Vs Comuns	0,00 ns	0,58 ns	0,91 ns	2,01 ns	0,87 ns	0,02 ns
CV(%)	4,10	8,08	6,97	3,47	10,00	4,97

* e ns correspondem respectivamente a significativo a 5% e não significativo pelo teste F.
Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Foi verificado que a aplicação do Trichoderma promoveu maior altura de plantas (Tabela 4). Tal fato se dá em função do microorganismo contribuir na disponibilidade de nutrientes para as plantas, aumentar o tamanho das raízes e solubilizar fosfato (BONONI, 2020; CHAGAS *et al.*, 2015).

Fernandes *et al.* (2021), verificaram resultados positivos em relação à taxa fotossintética quando se testou o uso de *Trichoderma* na cultura de arroz de terras altas. Chagas *et al.* (2017), quando avaliou a eficiência da inoculação de *Trichoderma* no feijão-frade em condições de campo no Estado do Tocantins em duas safras verificaram que o uso do *Trichoderma* promoveu os melhores resultados para as variáveis estudadas.

Os fungos do gênero Trichoderma têm sido relacionados à produção de hormônios ou fatores de crescimento, proporcionando maior eficiência no uso de alguns nutrientes, aumentando a sua disponibilidade e absorção pela planta (LUCON, 2009) proporcionando assim melhoria no desenvolvimento de plantas.

Tabela 4. Valores médios para altura de plantas, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo de plantas de milho em função da aplicação de doses de molibdênio, com e sem a aplicação de Trichoderma. Sapezal – MT (2021).

	Altura de Plantas	Altura Ins. da Espiga	Diâmetro de colmo
	----------cm----------		
Trichoderma (T)			
Com	169 a	92,4	1,71
Sem	163 b	88,2	1,75
Doses de Mo (D) (g ha^{-1})			
105	167	91,9	1,79
210	166	93,1	1,74
305	165	90,6	1,77
410	165	85,7	1,63
Testemunha	165	93,7	1,80

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.
Fonte: Elaborada pela autora (2023).

No entanto, o uso do *Trichoderma* pode não trazer melhorias para algumas variáveis, como foi verificado para altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo (Tabela 4). Em adição, com relação à altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo, a não ocorrência de efeito da aplicação do *Trichoderma* e das doses de Mo pode ter acontecido em função dessas características apresentarem alta herdabilidade genética e serem menos sensíveis ao ambiente de cultivo quando não se tem estresses ambientais, como relatam Olivoto *et al.* (2018). Os valores de altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo e altura da planta corroboram com o esperado do híbrido plantado.

Na cultura do milho, o molibdênio tem sua máxima absorção aos 15 dias após a emergência, momento em que é indicado o fornecimento desse elemento essencial via foliar na dosagem de 90 g ha-1, quantidade indicada por Araújo *et al.* (2010) de acordo com os resultados mais expressivos em seus estudos. Na maioria dos trabalhos realizados com adubação molíbdica no milho, observa-se pouca resposta dessa cultura ao micronutriente que pode ser justificada pelo teor suficiente de Mo no solo, como também na reserva das sementes, cuja taxa de 0,08 mg kg-1 é suficiente para o crescimento e desenvolvimento da cultura (PESTANA *et al.*, 2014), o que explica a falta de resultados positivos em algumas pesquisas, como no presente caso para as variáveis apresentadas na Tabela 3.

Para clorofila A não ocorreu diferença entre a aplicação ou não do *Trichoderma* (Tabela 5); no entanto, foi observada diferença entre as doses de Mo que está representada na Figura 2, na qual verifica-se que ocorreu a diminuição dos teores de Clorofila A até a dose de 377 g ha-1 de Mo. Esse resultado observado não é comum na literatura, pois a toxicidade causada pelo excesso de molibdênio em plantas é rara, sobretudo em condições de campo, porém não apresentam sintomas visíveis. Concentrações acima de 5 mg kg-1 de Mo são consideradas tóxicas para a maioria das plantas, podendo ocasionar deformação das folhas, cor amarelo-dourada dos tecidos da parte aérea (AGUILAR, 2017). Sendo que no presente trabalho pôde ser verificado em alguns tratamentos (Tabela 2) valores próximos e até acima desse teor, o que pode ter prejudicado a produção de clorofila. Shi *et al.* (2018) observaram que o aumento de doses de Mo causou toxidade em plantas de milho além de diminuir os teores do pigmento.

Tabela 5. Valores médios para os teores de clorofila A, Clorofila B e Clorofila total de plantas de milho em função da aplicação de doses de molibdênio, com e sem a aplicação de Trichoderma. Sapezal – MT (2021).

	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila Total
Trichoderma (T)			
Com	31,8	14,3 a	46,1
Sem	31,9	12,9 b	44,8
Doses de Mo (D) (g ha^{-1})			
105	32,6	13,2	45,9
210	31,8	14,6	46,4
305	31,4	12,2	43,6
410	31,6	14,2	45,8

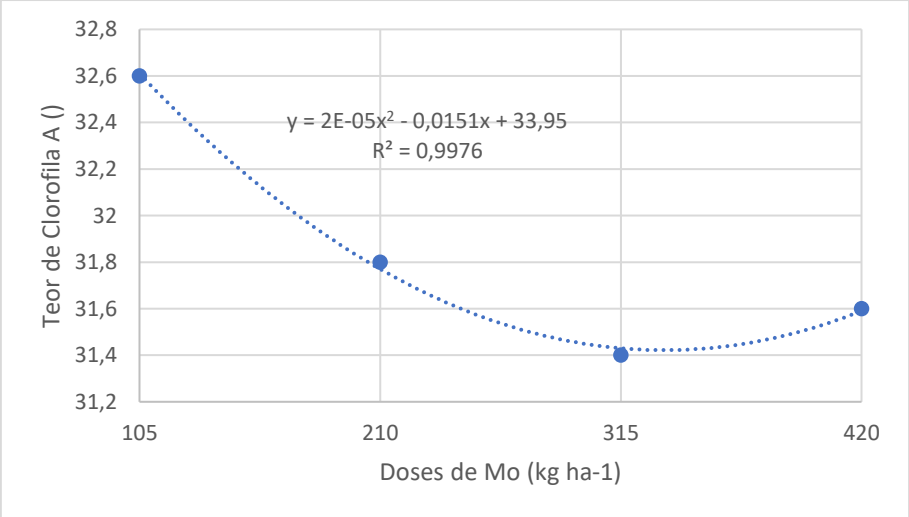
Testemunha	32,8	12,81	45,6

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.
Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Em estudo de Caires e Roslem (1999) com a cultura do amendoim, a aplicação de molibdênio somente proporcionou aumento de clorofila nas folhas em pH (CaCl2) do solo inferior acerca de 4,8, sendo que no presente trabalho o pH do solo (H2O) era de 6,8 (Tabela 1), o que pode explicar a falta de resposta. É importante destacar que o pH do solo é um dos fatores de maior influência na disponibilidade de molibdênio. Siqueira e Velloso (1978) verificaram que a disponibilidade de molibdênio foi influenciada pela sua adsorção em solos com pH baixo. A máxima adsorção foi observada em pH (H2O) em torno de 4,0, sendo reduzida com a elevação do pH, tornando-se muito pequena acima de pH (H2O) 6,0, como verificado nesta produção.

A maior média observada para clorofila B com a aplicação de *Trichoderma* (Tabela 5) se deve ao fato de que o *Trichoderma* sp. tem sido relacionado à produção de metabolitos bioativos capazes de induzir a resistência da planta contra estresses e melhorando o seu desempenho metabólico (MARRA *et al.*, 2019). Apesar de ter sido observada diferença significativa entre as doses de Mo para clorofila B, não foi observado o ajuste a um modelo matemático para explicar tal diferença. A ocorrência dessa diferença pode estar ligada ao fato do sinergismo entre Mo e N que, segundo Malagutti (2022), por participar da redutase do nitrato, o Mo pode promover o acúmulo de N nas plantas e também Alves e Berti (2022) citam o aumento da atividade nitrogenase, a qual o micronutriente atua, ocasionando no aumento de N, sendo esse nutriente um dos componentes da molécula de clorofila.

Gráfico 1. Teor de Clorofila A em função da aplicação de doses de Mo na cultura do milho. Sapezal – MT (2021).



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Embora a utilização do *Trichoderma* esteja relacionada a sua atuação como antagonista de microorganismos fitopatogênicos em plantas hospedeiras, o fungo sintetiza compostos profusos interessantes para as plantas como o hormônio vegetal ácido indolacético (AIA) ou similar às auxinas (RAMADA, LOPES, ULHOA, 2019). Os efeitos positivos da utilização do fungo são explicados pelo fato do maior desenvolvimento radicular, culminando em maior eficiência em absorver água e nutrientes que, além da síntese de hormônios vegetais como dito acima, também tem capacidade de produzir outros compostos secundários capaz de proporcionar crescimento aéreo das plantas (HARMAN *et al.*, 2004; CONTRERAS-CORNEJO, RODRIGUEZ, DEL VAL, LARSEN, 2016; CONTRERAS-CORNEJO, RODRIGUEZ, PENAGOS, LOPEZ-BUCIO, 2009).

Resultado semelhante foi identificado por Stefanello e Bonet (2013) quando avaliaram o desenvolvimento do milho com *Trichoderma* e concluiram que para todas as variáveis analisadas, incluindo altura de plantas, o tratamento com *Trichoderma* foi superior. Bortolin et. al. (2019), investigando a capacidade de *Trichoderma harzianum* em promover a emergência e o desenvolvimento de plantas na fase vegetativa de *Paspalum regnellii* (Capim guaçu), atestou que o tratamento com Trichoderma promoveu um maior desenvolvimento da parte aérea e radicular.

O comprimento de espiga e o número de fileira por espiga (Tabela 6) não foram afetados pelos tratamentos aplicados e estes não diferiram da testemunha sem aplicação. Mota e Portugal Filho (2016) verificaram o valor médio de 14,6 cm para o comprimento de espigas, sendo esse semelhante aos observados nesta pesquisa. O comprimento médio de espiga e o número de fileiras por espiga são caracteres que podem interferir, diretamente, no número de grãos por espiga e, consequentemente, na produtividade do milho (KAPPES *et al.*, 2009), sendo que, quanto maior for o comprimento da espiga e o número de fileiras, maior também será o potencial produtivo da cultura (GOES *et al.*, 2012).

Em relação ao diâmetro de espiga (Tabela 6), observou-se somente diferença entre a testemunha adicional e os tratamentos realizado e com e sem a aplicação de *Trichoderma*, nos quais esses foram superiores em relação à testemunha que não recebeu Mo ou Trichoderma. De acordo com Magalhães *et al.* (1995), a deficiência de nutrientes no florescimento pode reduzir seriamente o número potencial de sementes, assim como o tamanho e o diâmetro das espigas a serem colhidas, devido ao número de óvulos serem definidos na fase V12 (décima segunda folha completamente desenvolvida), o que pode explicar, em parte, a não diferença entre as doses de Mo, indicando, assim, que as plantas estavam bem nutridas em relação a esse nutriente. Souza *et al.* (2008) comentam que a massa de grão tem alta herdabilidade genética, na qual a ocorrência de variação tem grande dependência ambiental, o que mostra que neste processo a variação ambiental teve pouca influência nessa característica.

O tratamento com inoculação foliar com *Trichoderma* foi superior para produtividade em relação ao que não recebeu a inoculação, e não foi observada diferença significativa entre as doses de Mo (Tabela 6). O fungo *Trichoderma* tem sido amplamente estudado no que tange a sua utilização no incremento da produtividade agrícola, seu uso corrobora para maior crescimento do sistema radicular e assim maior acesso aos minerais na rizosfera, esses também solubilizam e disponibilizam fosfato de rocha, ferro, manganês, cobre e zinco, além da melhoria na absorção de macro e micronutrientes como o nitrogênio. Algumas cepas têm a capacidade de colonizar espaços intercelulares das raízes podendo, assim, aumentar a eficiência na absorção de nutrientes, melhorar germinação, induzir resistência, diminuir danos causados por estresses abióticos, como a seca e estresse salino, por intervir na fisiologia da planta diminuindo danos oxidativos (LUCON, 2009; BROTMAN *et al.*,2013; CHAGAS et. al., 2016).

Tabela 6. Valores médios para comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade (Prod) de plantas de milho em função da aplicação de doses de molibdênio, com e sem a aplicação de Trichoderma. Sapezal – MT (2021).

	Comprimentode espiga	Diâmetro de espiga	Nº de fileiras de espiga	Massa de 100 grãos(g)	Prod
	----------cm----------				(kg ha^{-1})
Trichoderma (T)					
Com	14,5	4,3*	17,2	27,3	6.525 a
Sem	14,3	4,2*	16,9	26,8	6.016 b
Doses de Mo (D) (g ha^{-1})					
105	14,3	$4,2^{ns}$	17,1	27,3	6.358
210	14,5	$4,2^{ns}$	17,3	26,8	6.401
305	14,4	$4,2^{ns}$	16,9	26,6	6.106
410	14,4	$4,2^{ns}$	16,9	27,5	6.218
Testemunha	14,3	3,2	17,1	27,6	6.042

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. * e ns correspondem respectivamente a significativo a 5% e não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet.
Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Steffen *et al.* (2021), avaliando o efeito da inoculação de *Trichoderma* na cultura do milho, concluiram que os tratamentos utilizando o fungo tiveram aumento na produtividade e na qualidade da segunda espiga. Azevedo *et al.* (2017), ao analisarem o desenvolvimento e qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus camaldulensis* inoculadas com duas espécies de *Trichoderma,* verificaram que ambas

apresentaram resposta positiva como promotores de crescimento. Em contrapartida, Conto *et al.* (2021), ao estudarem o potencial de isolados de *Trichoderma* nativos do MS como promotor de crescimento na cultura da soja, não obtiveram resposta da inoculação dos isolados de *Trichoderma* nos parâmetros avaliados na fase inicial de crescimento de plantas de soja, indicando, assim, que a resposta da inoculação pode ser influenciada pelo ambiente onde a cultura se desenvolveu.

Um parâmetro relevante para diagnóstico de passivos provenientes da agricultura é a qualidade do solo, no intuito de agregar informações para tomadas de decisões para uma prática agrícola sustentável. Processos ocorridos no solo como a decomposição, mineralização de nutrientes e o fluxo energético, são preconizados principalmente pela microbiota do solo, onde um dos protagonistas são os fungos, e tais variáveis servem como parâmetros para se mensurar a qualidade do solo. A biomassa microbiana do solo (BMS), microbiota viva total, representa 2 a 5% do carbono orgânico do solo e nitrogênio 1 a 5 % (JENKINSON, LAAD, 1981; SMITH, PAUL, 1990; KNUPP *et al.*, 2009). Porém a BMS não mensura as atividades dos microorganismos, sendo necessários parâmetros como a respiração basal do solo (somatório das funções metobólicas onde o CO2 é sintetizado e desprendido), a atividade enzimática, quantificação das ações totais ou de determinadas enzimas (KNUPP *et al.*, 2009).

A Respiração Basal do Solo (RBS) tem função de mensurar a produção de CO2 total oriundo das funções metabólicas ocorrida no solo, onde microrganismos como fungos e bactérias são os responsáveis principais pela liberação do óxido. A umidade, temperatura e a quantidade de substrato são aspectos abióticos no solo que interferem na quantificação da RBS por estarem relacionados com as condições para manutenção de microrganismos, além da quantidade de carbono disponível no solo que é uma variável diretamente proporcional a RBS (SILVA, AZEVEDO, DE-POLLI, 2007). O quociente metabólico do solo (qCO2) está relacionado ao RBS por ser obtido através da relação entre RBS-C por unidade de BMS-C e o tempo, no qual poderá ser usado como indicador de diminuição seções orgânicas do solo de tal modo que quanto maior o seu valor maior o grau de perturbação e estresse no solo (MESQUITA, 2005; ANDERSON E DOMSCH, 1993; SILVA, AZEVEDO, DE-POLLI, 2007).

Para a respiração basal do solo, verificou-se diferença entre a testemunha e os tratamentos com e sem *Trichoderma* e também para todas as doses de Mo, os quais foram superiores em relação à testemunha, indicando maior respiração basal com a aplicação dos tratamentos (Tabela 7). Em relação ao carbono da biomassa microbiana do solo, a aplicação de *Trichoderma* foi superior a não aplicação indicando o aumento da população microbiana. Analisando a Figura 3, percebe-se que com o aumento das doses de Mo ocorre a diminuição do carbono da biomassa microbiana, evidenciando influência

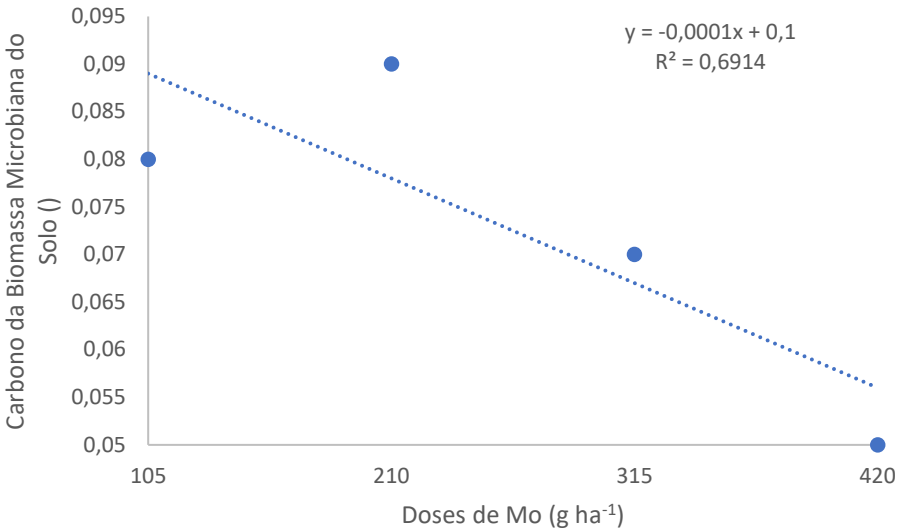
negativa do micronutriente na população microbiana. Silva *et al.* (2013) trabalhando com a aplicação de biofertilizantes em feijoeiro verificaram que ocorre resposta à aplicação até determinada concentração de aplicação, sendo que, após essa concentração, ocorre a diminuição da atividade microbiana. Como já comentado anteriormente, os teores de molibdênio, em função do pH do solo estavam suficientes e assim a aplicação de maiores doses de Mo pode ter prejudicado a atividade microbiana do solo. Outro ponto que pode elucidar o resultado é o fato de que o aumento da dose de Mo ter diminuído os teores de ferro, micronutriente importante para o desenvolvimento de microrganismos, e aumentado os teores de cloro que é tóxico para os organismos vivos por formar ácidos tóxicos (CARVALHO, 2021).

Tabela 7. Valores médios para respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) e quociente metabólico (qCO2) em função da aplicação de doses de Mo, com e sem Trichoderma e testemunha sem aplicação de Mo ou Trichoderma. Sapezal – MT (2021).

	RBS(mg de C-CO_2 Kg^{-1} dia^{-1})	C-BMS (mg de CO_2 Kg^{-1})
Trichoderma (T)		
Com	0,12*	0,08 a
Sem	0,08*	0,06 b
Doses de Mo (D) (g ha^{-1})		
105	0,10*	0,08
210	0,08*	0,09
305	0,11*	0,07
410	0,09*	0,05
Testemunha	0,63	0,07

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. * e ns correspondem respectivamente a significativo a 5% e não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet.
Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Gráfico 2. Carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) em função da aplicação de doses de Mo. Sapezal – MT (2021).



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

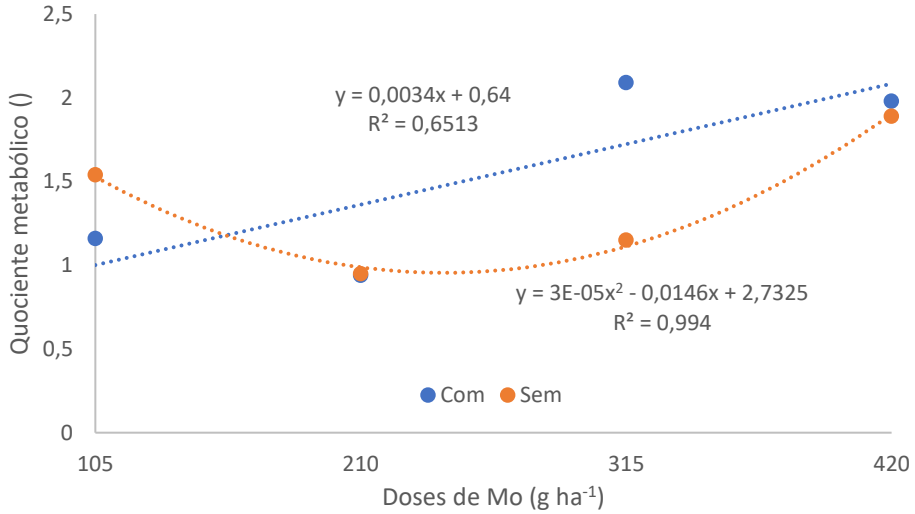
Para o desdobramento entre os fatores estudados para o quociente metabólico do solo, em relação a *Trichoderma* dentro de doses, verificou-se diferença estatística apenas para a dose de 315 g ha-1, sendo superior a aplicação de *Trichoderma* (Tabela 8). Em relação a doses dentro de Trichoderma (Figura 4), se verificou que quando ocorre a aplicação do fungo ocorre o aumento linear do quociente metabólico com o aumento das doses de Mo, indicando aumento da perturbação na microbiota. Na ausência à aplicação do *Trichoderma* ocorreu o ajuste a um modelo quadrático com ponto de mínima resposta na dose de 243,3 g ha-1 e a partir dessa dose o aumento do quociente metabólico, indicando também maior instabilidade da atividade microbiana. Esses resultados corroboram para envidenciar que o aumento das doses de Mo prejudicaram a atividade microbiana do solo.

Tabela 8. Desdobramento da interação significativa entre os fatores Triochoderma e doses de Mo para o quociente metabólico do solo. Sapezal – MT (2021).

	Trichoderma	
	Com	Sem
Doses de Mo (g ha^{-1})	qCO_2 (mg Kg^{-1} dia^{-1})	
105	1,16 a	1,54 a
210	0,94 a	0,95 a
315	2,09 a	1,15 b
420	1,98 a	1,89 a

Médias seguidas de letras distintas, dentro de cada dose, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.
Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Gráfico 3. quociente metabólico (qCO2) em função da aplicação de doses de Mo, com e sem a aplicação de Trichoderma. Sapezal – MT (2021).



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

5 CONCLUSÃO

A aplicação do *Trichoderma* favoreceu a altura de plantas, teor de clorofila B, produtividade e o carbono da biomassa microbiana.

Para a maioria das variáveis, não ocorreu efeito significativo das doses de Mo; no entanto, observou-se que o aumento das doses de Mo diminuíram o teor de clorofila.

O aumento das doses de Mo prejudicaram a atividade microbiana do solo.

O tratamento testemunha se mostrou inferior em relação ao com e sem *Trichoderma* para o diâmetro de espiga e para a respiração basal do solo a testemunha foi inferior a com e sem Trichoderma e a todas as doses de Mo.

REFERÊNCIAS

Ascoli, A. A., Soratto, R. P., & Maruyama, W. I. (2008). Aplicação foliar de molibdênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado. Bragantia, 67(2), 377-384.

Bezerra, M. A. F., *et al.* (2021). Calcium in the mineral nutrition of yellow passion fruit cultivated in lined pits and with saline water. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 25(4), 256-263. https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n4p256-263

Bischof, R. H., Ramoni, J., & Seiboth, B. (2016). Cellulases and beyond: The first 70 years of the enzyme producer Trichoderma reesei. Microbial Cell Factories, 15, 106. https://doi.org/10.1186/s12934-016-0507-6

Bortolin, G. S., Wiethan, M. M. S., Vey, R. T., Oliveira, J. C. P., Köpp, M. M., & Silva, A. C. F. (2019). Trichoderma in promotion of the development of plants of Paspalum regnellii Mez. Revista de Ciências Agrárias, 42(1), 135-145.

Bredemeier, C., & Mundstock, C. M. (2000). Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. Ciência Rural, 30(2), 365-372.

Caioni, S., Lazrini, E., Parente, T. de L., Pivetta, R. S., & Souza, L. G. M. de. (2016). Nitrogênio e molibdênio para milho irrigado em região de cerrado de baixa altitude. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 15(3), 419-428.

Cecílio-Filho, A. B., López-Aguilar, M. A., Rugeles-Reyes, S. M., & Mendoza-Cortez, J. W. (2019). Dosage and application times of molybdenum in sweet corn. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 13(2), XX-XX. http://doi.org/10.17584/rcch.2019v13i2.9978

Coêlho, J. D. (2020). Milho: Produção e mercados. Caderno Setorial ETENE, Banco do Nordeste, Ano 5, Nº 140, Novembro 2020.

Laborsolos. (2013). Análise química de solo, análise de tecido foliar. Micronutrientes: Conhecendo o Molibdênio. Recuperado de https://laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/micronutrientes-conhecendo-o-molibdenio/

Lorenzetti, E., Tartaro, J., Duarte Junior, J. B., Treib, E. L., Pereira, E. P., de Oliveira, V. F., Coppo, J. C., Belmonte, C., Kuhn, M. L., & Fujimoto, J. Y. H. (2016). Agronomic characteristics of corn in function of the application of K, S and Mo by foliar via with and without plaster in red Latosol. African Journal of Agricultural Research, 11(28), 2469-2474.

López-Ferrer, U. del C., Brito-Vega, H., López-Morales, D., Salaya-Domínguez, J. M., & Gómez-Méndez, E. (2016). Papel de Trichoderma en los sistemas agroforestales - cacaotal como un agente antagonico. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 20(1), 91-100.

Marcuzzo, L. L., & Carvalho, J. (2018). Avaliação de formulados biológicos no crescimento e manejo da raiz rosada em cebolinha-verde. Summa Phytopathologica, 44(1), 88-89. https://doi.org/10.1590/0100-5405/166763

Motta, M. L. L. (2021). Caracterização bioquímica de uma nova arabinofuranosidase da família GH54 relacionada a degradação de hemicelulose em Trichoderma harzianum. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP.

Oliveira, K. C. L., *et al.* (2019). Biological management of Pratylenchus brachyurus in soybean crops. Revista Caatinga, 32(1), 41-51. https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n105rc

Oliveira, T. A. S., Blum, L. E. B., & Alves, E. A. (2018). Controle de Phytophthora palmivora em mamão na pós-colheita por Trichoderma asperellum, T. virens, T. harzianum e T. longibrachiatum. Ciência Rural, 34(6), 1513-1521.

Picazevicz, A. A. C., Kusdra, J. F., & Moreno, A. L. (2019). Crescimento do milho em resposta à rizobactérias, molibdênio e nitrogênio. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, 10(4), 167-174. https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.004.0013

Steffen, G. P. K., Tomazzi, D. J., Steffen, R. B., Gabe, N. L., Silva, R. F. M., Malezan, J. L., Maldaner, J., & Santos, G. F. P. (2021). Incremento da produtividade de milho pela inoculação de Trichoderma harzianum. Brazilian Journal of Development, 7(1).

Teixeira, A. R. (2006). Doses of molybdenum in common maize and popcorn. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa.