

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

DANIEL RODRIGUES ÁVILA

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA TURFA LÍQUIDA NA CULTURA DO MILHO

MONTE CARMELO

2025

DANIEL RODRIGUES ÁVILA

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA TURFA LÍQUIDA NA CULTURA DO MILHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Agronomia da Universidade
Federal de Uberlândia, Campus Monte
Carmelo, como requisito necessário para a
obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Odair José Marques

MONTE CARMELO

2025

DANIEL RODRIGUES ÁVILA

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA TURFA LÍQUIDA NA CULTURA DO MILHO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 04 de setembro de 2025

Banca Examinadora

Prof. Dr. Odair José Marques

Orientador

Profa. Dra. Gleice Aparecida de Assis

Membro da Banca

Profa. Dra. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho

Membro da Banca

MONTE CARMELO

2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, aos Santos Reis e à Nossa Senhora da Abadia pela saúde, alegria e coragem de vencer cada etapa da vida.

Agradeço aos meus pais, Luiz Dias de Ávila e Zenaide Cândida Rodrigues, por sempre me mostrarem, de forma simples e direta, que as coisas boas não são fáceis de conquistar e que, para isso, é preciso dedicação, estudo e muito trabalho. Agradeço à minha irmã, Daniela Cândida Dias, por sempre estar disposta a conversar comigo e me apoiar nas tomadas de decisão. Sou também grato aos meus familiares maternos e paternos por sempre manterem as portas de suas casas abertas para mim, acolhendo-me em qualquer imprevisto ou oportunidade.

Quero aqui expressar a minha gratidão aos meus amigos de graduação, Matheus Zambon, Christian Araújo, Vitor Galdino, Felipe Gomes, Wagner da Silva, Pedro Veloso, Lara Fagundes, Diesiele Mota, Emilly Danielly, Ronan Martins, Daniel Cardoso, Fernando Pinheiro e Gabriel Nery, com os quais compartilhei uma caminhada dinâmica ao longo do curso.

Registro minha especial gratidão ao meu amigo Thiago Rodrigues de Araújo, cuja dedicação, compromisso e companheirismo foram fundamentais em todas as etapas da realização desta pesquisa.

Ao Prof. Odair Jose Marques pelas valiosas orientações, pela paciência contante e pela amizade construída ao longo desta jornada, reflexos de seu profissionalismo exemplar e de sua profunda humanidade.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuiu na condução dos meus dois ensaios de campo.

AO NEPEFIT - Núcleo de Estudos, Pesquisa e Extensão em Fitotecnia no qual desenvolvi minhas habilidades técnicas e sociais.

Ao CINCI – Centro de Inteligência em Cultivos Irrigados pelo fornecimento dos dados climatológicos.

Ao Gustavo Moreira, técnico do Laboratório de fitotecnia (LAFIT), por ceder o espaço e os equipamentos para as avaliações.

A todos os funcionários, em particular ao Sr. Sebastião Olimpio, o “Seu Bené”, que sempre se dispôs quando necessário, assim como aos colaboradores terceirizados do campus.

Agradeço as pessoas físicas e jurídicas que, de alguma forma contribuíram para a execução desse trabalho.

RESUMO

A agricultura atual busca atender a demanda de alimentos em qualidade e quantidade, para que seja possível garantir a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico do país. Boas práticas agrícolas estão cada vez mais sendo utilizadas por meio das descobertas científicas, com isso, o uso de turfa na agricultura é uma alternativa para a implantação do sistema de produção regenerativo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência agronômica do uso da turfa líquida na cultura do milho. O trabalho foi desenvolvido no Campo Demonstrativo e Experimental - CADEX da Universidade Federal de Uberlândia - UFU, no campus Monte Carmelo, por meio de dois ensaios em delineamento em blocos casualizados, sendo: Ensaio 1 (safra 2023/2024) 9 tratamentos e 4 repetições totalizando 36 parcelas, e o ensaio 2, (safra 2024/2025) em esquema fatorial de 9 tratamentos e 4 repetições, sendo 4 doses de turfa líquida, aplicadas em dois parcelamento (uma aplicação apenas na semeadura e duas aplicações, na semeadura e em V2, es um tratamento com dose zero (controle), totalizando em 36 parcelas. No ensaio 1, utilizou-se o híbrido SHS 7990 PRO3 e no ensaio 2 o híbrido LG 36745 PRO4, ambos com dupla aptidão. Foram avaliadas as características de crescimento da parte aérea, os componentes de produção e a produtividade. Os dados obtidos foram submetidos aos testes de pressuposições básicas homocedasticidade das variâncias e normalidade dos erros, respectivamente e em seguida as médias dos tratamentos foram submetidas a análise de variância e ao teste de Scott Knott (ensaio 1) e regressão polinomial (ensaio 2). No ensaio 1, apenas as variáveis respostas número de grãos da primeira espiga e número de grãos apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste F e teste de Scott Knott. No ensaio 2, para parcelamento e doses, as variáveis respostas número de espigas por planta e diâmetro da segunda espiga apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste F. No entanto, observou-se não houve interação dos fatores e somente a variável número de espigas por planta apresentou modelo matemático estatisticamente aceitável, porém, sem efeito agronômico positivo para as doses de turfa líquida. Dessa forma, independente da dose e da forma de aplicação não foi possível identificar efeitos positivos da turfa líquida na cultura do milho nas condições testadas.

Palavras-chave: *Zea mays L*, bioestimulante, matéria orgânica, CTC, agricultura regenerativa.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivo geral	9
2.2 Objetivos específicos.....	9
3 REVISÃO DE LITERATURA	10
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4.1. Local da execução	15
4.2. Condições meteorológicas.....	15
4.3. Período de cultivo.....	16
4.4. Cultivar de milho	16
4.5. Manejo e tratos culturais.....	16
4.6. Análise do solo	18
4.7 Delineamento experimental e tratamentos	19
4.8. Dimensões das parcelas	20
4.9. Forma de aplicação da turfa líquida	20
4.10 Colheita.....	21
4.11. Avaliações	21
4.12. Análise dos dados	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 Resultados do ensaio 1 (Safra2023/2024)	25
5.2 Resultados do ensaio 2 (Safra2024/2025)	32
6 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A maximização da produção agrícola é uma busca constante na agricultura brasileira, por isso a pesquisa científica está sempre em busca de sistemas agrícolas que garantam maiores produtividade e o desenvolvimento econômico do país. Assim, produzir mais é uma das principais premissas da área, no entanto, é preciso alcançar esse resultado com qualidade adotando manejos mais conservacionistas e regenerativos.

O uso do solo de forma intensa e sem critérios conservacionistas leva à exaustão dos recursos naturais e à depreciação dos fatores físicos, químicos e biológicos do ambiente de produção, por vezes, gerando degradação do solo e da água. Entre as perdas características da degradação do solo está a redução dos teores de matéria orgânica do solo. Por sua vez, a matéria orgânica é considerada o melhor armazenador de carbono orgânico do solo, um dos elementos essenciais à vida terrestre. Portanto, sem ele e sua relação estabelecida com as plantas, a vida não seria possível (CANTARELLA et al., 2022).

Dessa forma, a matéria orgânica do solo é importante para relações químicas, físicas e biológicas no ambiente edáfico, sendo obtida por meio de dois processos de transformação, a mineralização e a decomposição, que consistem em uma forma sustentável para a agricultura (LEITE, 2004).

Sobre os processos, na mineralização são liberados elementos minerais tidos como nutrientes de plantas. Em um período maior e indeterminado acontece a decomposição até o ponto de humificação, que é a formação de húmus, assim como ocorre nas turfeiras no processo de formação da turfa (MENDES et al., 2011).

As turfeiras são locais com umidade elevada e temperaturas amenas, geralmente são ambientes de veredas com grande concentração de matéria orgânica, na qual a microbiota responsável pela decomposição da matéria orgânica é reduzida pela ausência de oxigênio proveniente do alagamento. A turfa é um tipo de matéria orgânica com elevada estabilidade. Rica em carbono, é composta por substâncias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas), além de nutrientes minerais. As substâncias húmicas têm forte influência no metabolismo e na fisiologia das plantas alterando a capacidade de aproveitamento dos recursos naturais do meio (JUNK e CUNHA, 2024).

O uso de substâncias húmicas na agricultura estimula a mudança nas relações químicas, físicas e biológicas do solo, pois ao absorver substâncias húmicas, há maior expressão de

crescimento radicular e, por consequência, da parte aérea. Há também aumento da exsudação de açúcares e outras substâncias pelas raízes, o que certamente, estimula a atividade microbiana no solo (COELHO; XAVIER; PEREIRA, 2020).

O carbono exsudado pelas raízes e o carbono da biomassa microbiana, servem de fonte de energia para os microrganismos do solo, gerando aumento da capacidade de solubilização de nutrientes. Além disso, o maior desenvolvimento radicular aumenta o teor de matéria orgânica em subsuperfície, criando um perfil de solo mais apto para o cultivo, com melhor aeração, drenagem e retenção de água (VIEIRA, 2023).

As substâncias húmicas podem beneficiar o desenvolvimento radicular das plantas, o que as tornam uma alternativa para ampliar a capacidade das plantas em explorar e absorver os nutrientes no perfil do solo. Esse é justamente o mote da indústria de fertilizantes organominerais, que tem desenvolvido produtos que visam aumentar a eficiência de aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, independente da fonte (ZONTA et al., 2021).

Em termos regenerativos, o uso de substâncias húmicas que estimulam o crescimento radicular torna-se uma alternativa para melhorar a capacidade das plantas em explorar e absorver os nutrientes minerais do solo, aumentando a eficiência de aproveitamento dos fertilizantes (ADAMIANO et al., 2021).

Os fertilizantes organominerais líquidos podem apresentar efeito bioestimulante e efeito protetor “*safener*”, agindo no balanço hormonal das plantas, principalmente no estímulo à formação de hormônios do crescimento. Isso afeta diretamente o crescimento e desenvolvimento das culturas agrícolas, com efeitos positivos sobre suas respostas produtivas, como pode ocorrer nas culturas da soja e do milho, por exemplo (BIANCHI, 2021).

O uso de substâncias húmicas na cultura do milho é uma forma de estimular o crescimento e desenvolvimento vigoroso das plantas, minimizar os efeitos fitotóxicos de produtos fitossanitários, sobremaneira de herbicidas, incluindo a recuperação energética rápida em processos de metabolização de herbicidas nas células (MATZENBACHER et al., 2024).

A capacidade de agir no metabolismo primário e secundário das plantas, faz também com que os compostos intermediários do processo primário alterem o secundário. As diferentes concentrações dos compostos do metabolismo secundário levam a estimulação de produção hormonal, causando o efeito bioestimulante. O metabolismo secundário do milho, além de produção de fitormônios, pode produzir compostos que causam um efeito protetor sobre a cultura contra os efeitos deletérios de um herbicida, por exemplo, como no caso do milho resistente ao herbicida glifosato (GALON et al., 2011).

As cultivares de milho com o gene CP4 EPSPS possuem resistência para o herbicida glifosato. Essa tecnologia é capaz de alterar o sítio de absorção da molécula do herbicida e degradá-la antes que cause a fitotoxicidade. Mesmo em plantas com esse gene de resistência, há algum efeito deletério do herbicida, prejudicando a via metabólica do ácido chiquímico. Dessa forma, as substâncias húmidas podem atenuar o efeito herbicida e favorecer a recuperação metabólica mais rápida nas plantas, como a produção de aminoácidos essenciais à sua sobrevivência (MONQUEIRO, 2005).

A busca por alternativas para realização de uma agricultura regenerativa é uma constante na evolução da agricultura para sistemas de cultivos mais sustentáveis. O uso exacerbado de fontes de nutrientes industrializadas cumpriu inicialmente a função de aumentar as produtividades agrícolas, mas a um custo ambiental muito elevado, e sem a garantia do aumento da eficiência de aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. Então, busca-se produtos que aumentem a capacidade das plantas de explorar o ambiente edáfico e aumentem o aproveitamento dos nutrientes, o que poderá resultar na redução do uso de fertilizantes industriais nas lavouras. Assim, o uso de produtos à base de turfa vem com essa proposta, aumentar os fatores de crescimento e desenvolvimento das plantas, melhorar atributos físicos, químicos e biológicos dos solos e resultar em maiores produtividades e qualidade dos produtos colhidos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência agronômica do uso da turfa líquida na cultura do milho em campo.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar os efeitos da turfa líquida sobre as características de crescimento da parte aérea das plantas de milho.

Avaliar os efeitos da turfa líquida sobre os componentes de produção e a produtividade da cultura do milho.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A turfa é um fóssil formado na superfície de veredas ou em superfícies aluviais, onde no decorrer dos anos ocorre sobreposições de material orgânico vegetal presente no ambiente. De forma gradual e lenta acontece decomposição dessa biomassa vegetal de forma anaeróbica. A decomposição do material orgânico ocorre lentamente, atingindo um elevado grau de estabilidade. Quanto mais profundo mais avançado o estado de decomposição. Estima-se que milhares de anos são necessários para formar uma camada de um metro de turfa, considerando que a matéria orgânica tem seu volume reduzido após todos os processos de formação (CAMPOS, 2014; DIAS et al., 2017).

O grau de decomposição da matéria orgânica de uma turfeira para outra varia, pois depende de outros fatores, como a drenagem do ambiente e temperatura, causando impacto na sua estrutura física, química e biológica. Em Minas Gerais a topografia das áreas contribui com a desuniformidade das turfeiras. Em geral, turfeiras bem drenadas possuem menor capacidade de troca catiônica (CTC) e déficit de nutrientes, principalmente enxofre (SILVA et al., 2009).

A turfa apresenta altos teores de carbono orgânico, sendo considerada uma fonte energética para microrganismos. Dessa forma, no sistema solo-planta os microrganismos auxiliam na disponibilização de nutrientes que podem ser reciclados por meio da matéria orgânica (ROSOLEM; PAVINATO, 2008).

Usada no meio industrial como fonte de combustível em usinas termoelétricas no passado, a turfa tem sido indicada atualmente para uso agrícola. A turfa apresenta efeitos positivos na recuperação de áreas degradadas na agropecuária, pois possui características que atenuam o esgotamento químico das áreas agrícolas e favorece microrganismos indicadores de fertilidade do solo (MARTINS; MIRANDA; MIRANDA, 1999).

Na agricultura a turfa é usada como condicionador de solo, sendo possível incorporá-la ao solo junto aos corretivos, buscando melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Além do uso da turfa in natura, é possível processar a turfa para extração das substâncias húmicas, maximizando os benefícios do produto (CARON; GRAÇAS, 2015).

Os produtos industrializados a base de substâncias húmicas são comercializados como fertilizantes ou bioestimulantes. Alguns trabalhos apresentam o uso desses produtos no processo de inoculação de bactérias simbióticas ou bactérias de vida livre no solo, potencializando o efeito bioestimulante (AGUIAR et al., 2018)

Os vegetais são a principal fonte de matéria orgânica do solo, sendo ricos em carbono e nitrogênio, fator importante para o ciclo de produção e decomposição da matéria orgânica. A relação carbono/nitrogênio (C/N) tem ligação também com o nível de bioatividade do ambiente local (BETTIOL et al., 2023)

A matéria orgânica é indispensável para trabalhar com o conceito de agricultura regenerativa, pois ela apresenta alta concentração de carbono orgânico que será estocado no solo, reduzindo a formação de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera. A matéria orgânica se decompõe lentamente fazendo com que não ocorra a desordenada liberação de CO_2 . O processo de mineralização é o primeiro benefício oferecido pela matéria orgânica para a agricultura, pois é por meio dele que ocorre parte da devolução dos nutrientes utilizados pelas plantas para o solo (MACHADO; RHODEN, 2022).

Os níveis de fertilidade do solo têm relação com a quantidade de carbono orgânico estocado. Solos com maiores quantidades de carbono apresentam maiores CTC, melhor estabilidade de pH e maior disponibilidade de nutrientes para as plantas. Áreas ricas em matéria orgânica geralmente apresentam vegetação mais uniforme, sem distúrbios fisiológicos visíveis e com melhor nutrição. A matéria orgânica do solo pode ser facilmente perdida, caso não receba a atenção quanto aos métodos para sua conservação, por outro lado, a sua manutenção assegura a fertilidade e capacidade de manter o solo produtivo e saudável (WADT et al., 2003).

O viés da agricultura regenerativa é focado em práticas conservacionistas e sustentáveis no uso da matéria orgânica como fonte de carbono orgânico. Nos sistemas de cultivos anteriores as áreas eram usadas até a exaustão, esgotando o estoque de carbono rapidamente, com consequente redução da fertilidade. Isso requeria a abertura de novas áreas para o cultivo. É fato que após poucos anos de cultivo os agricultores abandonavam a área, devido a redução da produtividade, muito provavelmente causada pela redução da fertilidade e acidificação do solo (TRINDADE, 2012). Assim, era comum deixar as áreas em pousio, de forma que um sistema regenerativo em sucessão se estabelecesse, formando novamente a vegetação nativa. Esse sistema regenerativo era capaz de recompor o estoque de carbono orgânico no solo e melhorar a disponibilidade de outros nutrientes. Hoje não há dúvidas de que apenas o carbono orgânico por si só não é capaz de formar estrutura orgânica, deixando evidente que a presença de outros elementos estruturais é essencial para formação de moléculas complexas (VEZZANI, 2001).

O carbono orgânico assim como outros nutrientes das plantas, com exceção do potássio (K), continuam fazendo parte das estruturas orgânicas mesmo depois do processo de

mineralização da matéria orgânica, liberando e disponibilizando nutrientes na solução do solo de forma gradativa (RIBEIRO et al, 1999).

A física do solo é alterada com a produção ou a incorporação de matéria orgânica, tornando o solo mais poroso e com agregados mais estáveis. Além disso, o estímulo ao crescimento vegetal impõe o maior crescimento radicular. As raízes são as principais “escarificadoras” do solo, pois a depender da espécie vegetal conseguem explorar o ambiente edáfico em volume e profundidade (PIETRZACKA, 2009).

Assim, a formação de matéria orgânica a partir das raízes das plantas proporcionam a redução da compactação do solo, além de criarem canais por onde outras raízes também crescerão. Portanto, a melhoria física do solo advém em grande parte dos cultivos agrícolas que primam pela grande produção de biomassa que não é exportada do sistema (COSTA et al, 2015).

Importante ressaltar que a capacidade de retenção de água da matéria orgânica pode alcançar cerca de 20 vezes a mais do seu próprio peso, tornando-a uma grande aliada para regiões ou épocas de escassez hídrica, pois isso pode contribuir obviamente para a oferta de água para a cultura e melhorar a capacidade de absorção de nutrientes (ARAÚJO et al, 2012).

A matéria orgânica tem poder de tornar os agregados mais estáveis e definidos pela sua característica física cimentante, por esse motivo solos com maior teor de carbono orgânico tem menos floculações. Em relação aos diferentes tipos de manejo do solo, é comum relacionar o tipo de solo e os métodos de manejo com os impactos na conservação da matéria orgânica e, consequentemente, na estrutura do solo pelos atributos do carbono orgânico (OLIVEIRA et al., 2008).

A porosidade e densidade do solo são duas variáveis que se alteram em relação ao teor de matéria orgânica no solo, pois estão relacionadas. Solos com boas proporções de porosidade contribuem para a incorporação natural de condicionadores de solo, trazendo alterações positivas na fertilidade do solo pela incrementação de resíduos carregados de cátions (MANGIERI FILHO, 2019)

Na decomposição da matéria orgânica, a mineralização disponibiliza ao solo nutrientes catiônicos e aniônicos, processo que, em geral, eleva a fertilidade do solo, devido à melhoria dos atributos químicos, como aumento do pH, liberação de ácidos orgânicos provenientes de plantas que competem por sítios de adsorção de nutrientes (CHIODINI et al., 2013).

As substâncias húmicas possuem atributos químicos que favorecem a fertilidade do solo e aumentam a capacidade de aproveitamento dos recursos pelas plantas, principalmente devido

a elevada CTC que apresentam. Portanto, as substâncias húmicas são consideradas condicionadoras do solo, porque não possuem caráter corretivo de acidez do solo, mas são capazes de aportar nutrientes ao solo ou favorecer a disponibilização destes. As substâncias húmicas possuem ótima mobilidade na solução do solo e fazem com que a camada agricultável fique mais estabilizada quimicamente (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015).

O aumento de substâncias húmicas no solo contribui para a menor adsorção de fósforo e, consequentemente, aumenta o teor do nutriente disponível, isso acontece pelo fato dos grupamentos orgânicos dos ácidos húmicos interagirem com a fração mineral do solo (MATIAS, 2010). Por meio disso é possível aumentar a capacidade dos solos tropicais em disponibilizar fósforo, já que estes solos possuem elevada retenção natural de fósforo (FALCÃO; SILVA, 2004). As substâncias húmicas possuem uma série de características ainda a serem investigadas a fim de melhorar o seu valor agronômico (JUNG et al., 2021).

A fauna edáfica, principalmente os microrganismos, é capaz de mudar todo o ambiente uma vez que seja favorecida pelo aporte de matéria orgânica. Por esse motivo, observa-se organismos bioindicadores de possíveis mudanças no ambiente edáfico que servirão para tomada de decisão no manejo e conservação do solo e da água (FRANCISCO et al., 2012). Na agricultura se usa materiais orgânicos como fonte de alimentos para a biota do solo, um exemplo típico são as compostagens de esterco animal (GREMIA et al., 2015)

A turfa pode favorecer o desenvolvimento dos microrganismos benéficos, que aumentam o poder de decomposição da matéria orgânica ao mesmo tempo que favorecem o crescimento e desenvolvimento da vegetação cultivada nesse ambiente. Os processos biológicos do solo estão relacionados com a textura do solo, sendo os solos mais arenosos mais restritivos, devido a menor retenção de água disponível (SILVA et al., 2021)

Os adubos organominerais favorece a cultura do milho pelo melhor aproveitamento de nutrientes, principalmente o nitrogênio exigido em altas quantidades pela cultura. A disponibilidade do nitrogênio neste tipo de adubo acontece de forma mais lenta pela redução da atividade da urease pelos grandes grupos fenólicos (UDDIN et al., 2023).

Os adubos organominerais constituem uma alternativa para substituir ao menos em parte as fontes inorgânicas. Avaliações em experimentos mostram que a cultura do milho tratada com fontes organominerais apresentaram melhor desenvolvimento radicular e, consequentemente, maior tolerância ao estresse hídrico (SOUZA, 2021).

Façanha et al., (2002) afirmaram que as substâncias húmicas foram altamente absorvidas em tecidos de coleóptilos, mesmo que turgidas, pois são solúveis e possuem

interações com substâncias em diferentes pH e que o ácido húmico, em particular, induz a formação intensa de raízes laterais na cultura do milho.

Os mecanismos de promoção de crescimento vegetal são ativados pelas substâncias húmicas devido a sua semelhança ao hormônio auxina, além disso auxiliam na translocação do ácido indolacético - AIA endógeno, podendo ser a causa que favorece o desenvolvimento radicular de plantas (TREVISAN et al., 2010). Além disso, as substâncias húmicas têm um papel importante na absorção de N na forma de nitrato (NO^{3-}), pois depende de prótons H^+ para que o seu transporte aconteça (OLIVEIRA., 2020).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local da execução

O experimento foi desenvolvido no Campo Demonstrativo e Experimental CADEX da UFU, no Campus Monte Carmelo, localizado nas coordenadas geográficas $18^{\circ}43'41.0"S$ e $47^{\circ}31'19.2"E$. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (MOTTA, 2004), e o clima da região é do tipo Aw (KÖPPEN, 1948).

Foram realizados dois ensaios, um na safra 2023/2024 e outro na safra 2024/2025, com mudanças metodológicas descritas adiante.

4.2. Condições meteorológicas

As informações meteorológicas de temperatura e precipitação pluvial (Figuras 1 e 2) foram obtidas na Estação Climatológica da UFU que conta com uma estação automatizada e que se encontra instalada a cerca de 150 m do local do experimento.

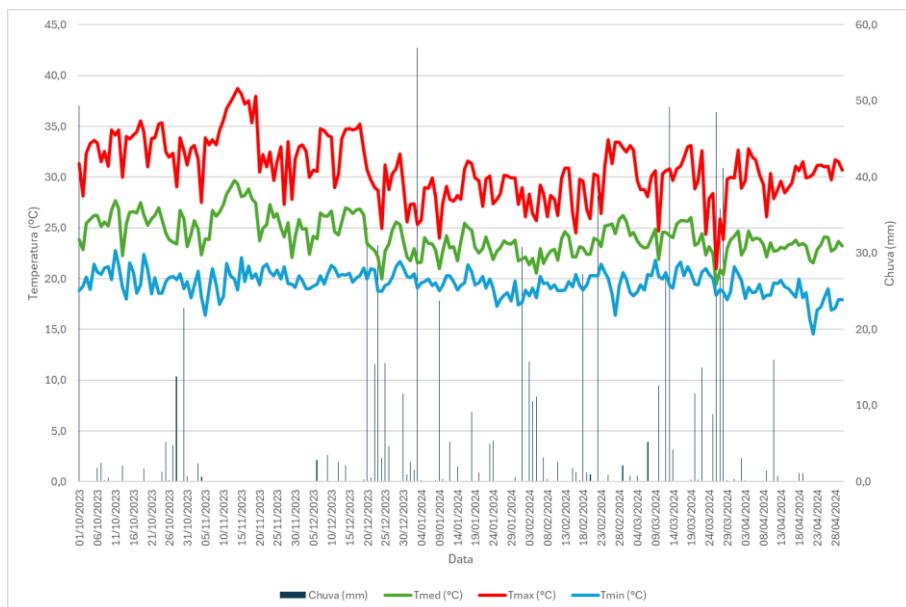


Figura 1. Temperaturas ($^{\circ}\text{C}$ – linhas) e precipitação pluvial (mm – barras) na safra 2024/2025 na área dos ensaios em campo.

Fonte: Estação Climatológica da UFU – Campus Monte Carmelo, Centro de Inteligência em Cultivos Irrigados - CINCI.

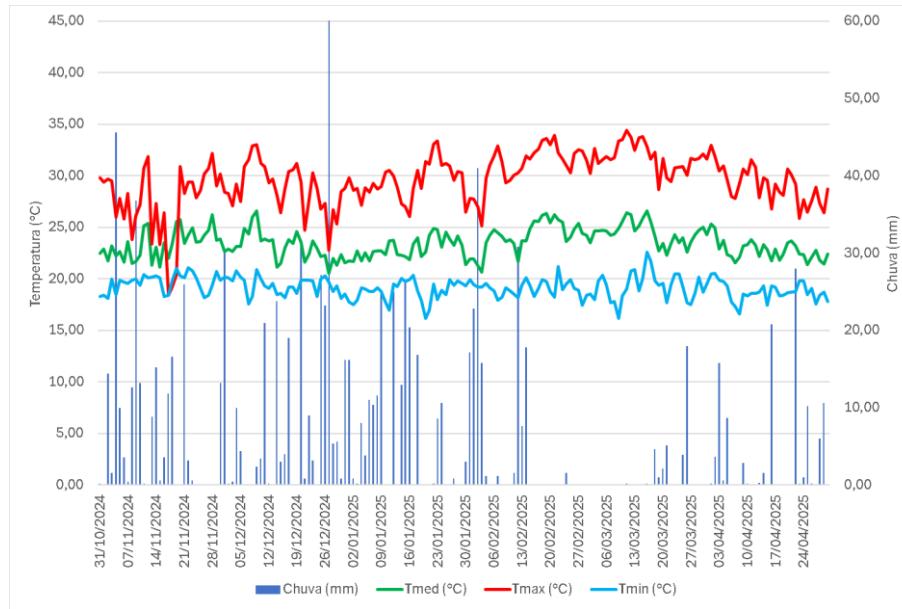


Figura 2. Temperaturas ($^{\circ}\text{C}$ – linhas) e precipitação pluvial (mm – barras) na safra 2024/2025 na área dos ensaios em campo.

Fonte: Estação Climatológica da UFU – Campus Monte Carmelo, Centro de Inteligência em Cultivos Irrigados - CINCI.

4.3. Período de cultivo

As semeaduras em cada ensaio só ocorreram quando o acumulado de chuvas foi de no mínimo 80 mm (Figuras 1 e 2). A semeadura do ensaio 1 foi realizada no dia 01/12/2023. Enquanto a semeadura do ensaio 2 foi realizada no dia 31/10/2024.

4.4. Cultivar de milho

A escolha dos híbridos de milho foi realizada com base na disponibilidade de sementes, então no ensaio 1 utilizou-se o híbrido SHS7990 PRO3 e no ensaio 2 foi o híbrido LG36745 PRO4, ambos com dupla aptidão.

4.5. Manejo e tratos culturais

Antes das semeaduras utilizou-se uma semeadora-adubadora Vence-tudo modelo SA-9400, para abertura do sulco e distribuição de 400 kg ha^{-1} do formulado 8 – 28 16 (N – P_2O_5 – K_2O), fornecendo 32 kg ha^{-1} de nitrogênio, 112 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 64 kg ha^{-1} de K_2O , com espaçamento entre linhas de 0,5 m, e, posteriormente, as sementes foram semeadas

manualmente para garantir uniformidade de distribuição (Figura 3). Em ambos os anos foi utilizada a densidade de semeadura de 3,7 sementes por metro, resultando na distribuição de 74.000 sementes por hectare, com objetivo de obter uma população final média 72.000 plantas por hectare.



Figura 3. Semeadura do milho em campo de forma manual para garantir distribuição uniforme das sementes nas linhas.

Fonte: NEPEFIT.

As adubações de cobertura foram partitionadas em dois momentos de aplicação sendo, estádio fenológico V4 e V6, em cada adubação de cobertura foi aplicado 60 kg ha^{-1} de nitrogênio e 40 kg ha^{-1} de K_2O , utilizando-se como fontes a ureia (45% de N) e o cloreto de potássio (60% de K_2O).

Foi utilizado o sistema de manejo convencional para a implantação e condução da cultura no sequeiro, visto que a área não dispõe de sistema de irrigação e não há plantio direto estabelecido. As adubações e aplicações de produtos fitossanitários foram realizadas com auxílio de bomba costal elétrica, e ocorreram conforme as recomendações para a cultura (MELHORANÇA et al., 2015).

No ensaio 1 foi realizada a aplicação de herbicida pós – semeadura, no estádio V4, quando se observou a emergência de plantas daninhas. Para isso, foi aplicado $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ glifosato WG 720 + 4 L ha^{-1} de atrazina 500 SC.

No ensaio 2 foi realizado a aplicação de herbicida pré – semeadura, sendo aplicados 2,5 kg ha⁻¹ de glifosato WG 720 + 1 L ha⁻¹ de 2,4 – D. Na pós semeadura, no estádio fenológico V4, foi utilizada a mistura de 0,5 kg ha⁻¹ glifosato WG 720 + 4 L ha⁻¹ de atrazina 500 SC.

Nos dois ensaios foi realizada uma aplicação de clorpirifós para controle de *Spodoptera frugiperda* (Figura 4) no estádio fenológico V4 e uma aplicação de acefato no estádio fenológico V6..

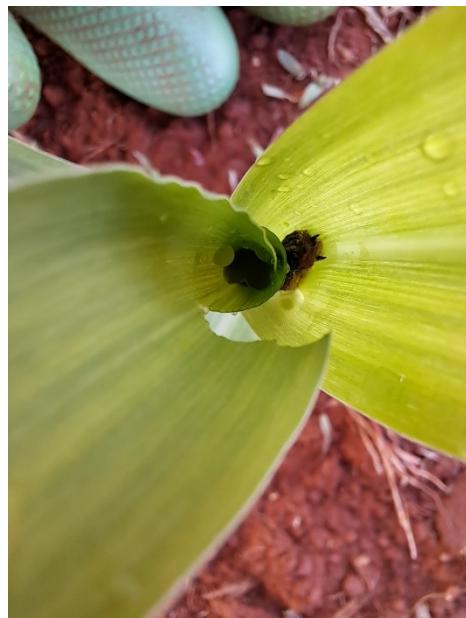


Figura 4. Lagarta *Spodoptera frugiperda*.

Fonte: NEPEFIT

4.6. Análise do solo

Foi realizada a amostragem de solo antes da implantação, na profundidade de 0 a 20 cm, para a realização de uma análise química e física (textural) da área.

Quadro 1. Análise química do solo da área experimental

pH H₂O	pH CaCl₂	P Meh-1	K⁺	S-SO₄²⁻	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H+Al	SB
		mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³					
5,80	5,20	7,00	191,00	8,29	0,49	3,00	0,90	0,00	3,20	4,39
T	T	V	m	M.O.	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
cmol _c dm ⁻³		%		dag kg ⁻¹			mg dm ⁻³			
4,39	7,59	57,84	0,00	2,80	1,60	0,18	2,40	23,00	20,10	11,00
Argila	Silte	Areia								
		%								
57,00	13,00	30,00								

Fonte: Labras.

4.7 Delineamento experimental e tratamentos

4.7.1. Ensaio 1 – safra 2023/2024

O delineamento foi feito em blocos casualizados com 9 tratamentos, com quatro repetições, totalizando 36 unidades experimentais, descritos no Quadro 1.

Quadro 2. Descrição dos tratamentos do ensaio 1 – safra 2023/2024

Tratamento	Dose (L ha ⁻¹)*	Época de aplicação
1 (controle)	0	-
2	4,5	1: V4 (4,5 L ha ⁻¹)
3	4,5	½: V4 + V6 (2,25 L ha ⁻¹ por aplicação)
4	4,5	⅓: V4 + V6 + V8 (1,5 L ha ⁻¹ por aplicação)
5	4,5	⅔: V4 + V6 + V8 + V15 (1,125 L ha ⁻¹ por aplicação)
6	6,0	1: V4 (6,0 L ha ⁻¹)
7	6,0	½: V4 + V6 (3,0 L ha ⁻¹ por aplicação)
8	6,0	⅓: V4 + V6 + V8 (2,0 L ha ⁻¹ por aplicação)
9	6,0	⅔: V4 + V6 + V8 + V15 (1,5 L ha ⁻¹ por aplicação)

Fonte: NEPEFIT.

Originalmente as doses seriam aplicadas nos estádios V4, V6, V8 e V15, mas as condições climáticas atípicas, sobretudo na distribuição e volume de chuva, observadas no período (Figuras 1 e 2) resultaram em atrasos na segunda e na terceira aplicação, modificando a época da aplicação de V6 para V8 e de V8 para V12.

4.7.2. Ensaio 2 – safra 2024/2025

O delineamento foi feito em blocos casualizados com 9 tratamentos, com quatro repetições, totalizando 36 unidades experimentais, descritos no Quadro 2.

Quadro 3. Descrição dos tratamentos do ensaio 2 – safra 2024/2025

Tratamento	Parcelamento	Dose (L ha ⁻¹)	Época de aplicação
1 (controle)	-	0,0	-
2	1x	3,0	Semeadura
3	1x	6,0	Semeadura
4	1x	9,0	Semeadura
5	1x	12,0	Semeadura
6	2x	3,0	Semeadura e V2
7	2x	6,0	Semeadura e V2
8	2x	9,0	Semeadura e V2
9	2x	12,0	Semeadura e V2

Fonte: NEPEFIT.

4.8. Dimensões das parcelas

O espaçamento adotado foi de 0,5 m entre linhas, com quatro linhas de plantas, com 6 m de comprimento. Assim, as dimensões de cada parcela foram de 2,0 m x 6 m, totalizando 12 m². A área útil foi composta por duas linhas de plantas centrais, excluídas 0,5 m de cada extremidade, totalizando 5,0 m².

4.9. Forma de aplicação da turfa líquida

Em ambos os ensaios, a turfa líquida foi diluída em água para formar a calda de pulverização de forma isolada, ou seja, a calda continha apenas o produto. Todas as aplicações foram realizadas com pulverizador a base de CO₂ a fim de garantir uniformidade da aplicação. Porém, no ensaio 1 a calda foi aplicada essencialmente sobre as folhas das plantas (Figura 5), enquanto no ensaio 2 a primeira aplicação foi realizada sobre o solo e no estádio V2 (Figura 6) logo após a semeadura e posteriormente sobre as folhas das plântulas, respectivamente, nos tratamentos que receberam duas aplicações.



Figura 5. Aplicação da turfa líquida sobre as folhas no ensaio 1.
Fonte: NEPEFIT.



Figura 6. Aplicação da turfa líquida diretamente sobre as linhas de semeadura e sobre as plântulas no estádio V2 no ensaio 2.
Fonte: NEPEFIT.

4.10 Colheita

As colheitas foram realizadas cerca de 30 dias após as plantas atingirem o estádio R6, sendo no ensaio 1 no dia 20/04/2024 e ensaio 2 no dia 10/04/2025.

4.11. Avaliações

As avaliações foram realizadas conforme descrito a seguir, em ambos os ensaios. Todas as etapas de crescimento e desenvolvimento das plantas foram acompanhadas em campo baseadas na escala fenológica de Hitchie; Hanway; Benson (1993) e as avaliações das espigas e produtividade foram realizadas no Laboratório Multiuso de Fitotecnia - LAFIT:

4.11.1 Estande inicial

Foi obtido pela contagem simples do número de plântulas emergidas na área útil no 10º dia após a emergência - DAE;

4.11.2 Estande final

Foi obtido pela contagem simples do número de plantas adultas na área útil, no estádio R6;

4.11.3 Altura final da planta – AP (cm)

Foi mensurada a distância entre a superfície do solo e a base do pendão no estádio R1, com auxílio de uma régua graduada, em centímetros, em cinco plantas por parcela;

4.11.4 Altura de inserção da primeira espiga – AIE (cm)

Foi mensurada a distância entre a superfície do solo e a base da espiga mais elevada no estádio R1, com auxílio de uma régua graduada, em centímetros, em cinco plantas por parcela;

4.11.5 Diâmetro de colmo – DC (mm)

Foi mensurado o 6º entrenó do colmo no estádio R1, com auxílio de um paquímetro, graduado, em milímetros, em cinco plantas por parcela;

4.11.6 Número de folhas expandidas - NFE

Foi obtida pela contagem simples do número total de folhas expandidas, incluindo as folhas senescidas que foram contadas no estádio R1 e marcadas em cinco plantas por parcela;

4.11.7 Número de espigas por plantas - NEP

Foi obtida pela contagem simples do número total de espigas formadas nas plantas no estádio R6, em cinco plantas por parcela;

4.11.8. Diâmetro da primeira espiga - DEI

A avaliação foi realizada no e obtido, com auxílio, de um paquímetro pela medição das extremidades laterais da primeira espiga;

4.11.9 Comprimento da primeira espiga - CEI (cm)

Foi mensurado pela base da espiga até a ponta, como o auxílio de uma régua escolar graduada;

4.11.10 Número de fileiras de grãos da primeira espiga – NFG1

Foi obtido a partir da contagem simples do número de fileiras da espiga;

4.11.11 Número de grãos por fileira da primeira espiga - NGF1

Foi obtido a partir da contagem simples do número de grãos de uma fileira aleatória da primeira espiga;

4.11.12 Número de grãos da primeira espiga - NG1

Foi obtido pela contagem simples de grãos da primeira espiga;

4.11.13 Diâmetro da segunda espiga - DE2

Foi obtido pela medição das extremidades laterais da primeira espiga, com auxílio, de um paquímetro pela medição das extremidades laterais da segunda espiga;

4.11.14 Comprimento da segunda espiga - CE2 (cm)

Foi mensurado pela base da espiga até a ponta, como o auxílio de uma régua graduada;

4.11.15 Número de fileiras de grãos da segunda espiga - NFG2

Foi obtido a partir da contagem simples do número de fileira de grãos da segunda espiga;

4.11.16 Número de grãos por fileira da segunda espiga - NGF2

Obtido a partir da contagem simples do número de grãos de uma fileira aleatória da segunda espiga;

4.11.17 Número de grãos da segunda espiga - NG2

Foi obtido, pela contagem simples dos grãos da segunda espiga;

4.11.18 Número de grão – NG

Foi calculada a partir da soma dos grãos da primeira espiga e segunda espiga, obtendo o número de grãos por planta;

4.11.19 Massa de 1.000 grãos (com 13% de umidade) – MMG (g)

Foi realizada a separação de três amostras com 100 grãos com auxílio de pranchetas de contagem, em seguida pesou-se as amostras em balança de precisão. Após isso, as amostras foram secas em estufa com circulação de ar forçada em temperatura de 75 °C por 72 horas a fim de obter a massa seca de grãos e determinar a umidade inicial. De posse dessas informações, a massa seca das amostras foram ajustadas para 13% de umidade (base úmida) e convertida em massa de 1.000 grãos pela divisão da massa de cada por 100 grãos (13% de umidade) e pela multiplicação por 1.000 grãos.

4.11.20 Produtividade – PROD (sacas ha⁻¹)

Foi obtida a produtividade da parcela pela pesagem dos grãos obtidos em todas as plantas colhidas na área útil (5 m²), ajustada para 13% de umidade. Em seguida os valores foram convertidos sacas de 60 kg por hectare pela equação:

$$\text{Prod} = \text{Produtividade por parcela} / 5 \text{ m}^2 * 10.000 \text{ m}^2$$

4.12. Análise dos dados

As médias dos dados foram submetidas aos testes de Cochran e de Jarque-Bera para verificação da homocedasticidade das variâncias e normalidade dos erros, respectivamente. No entanto, para isso foi utilizado o software estatístico SpeedStat em ambos os ensaios (CARVALHO e MENDES, 2020). Uma vez atendidas às pressuposições básicas, as médias foram submetidas à análise de variância. No ensaio 1 após a ANOVA as médias foram testadas pelo teste de Scott-Knott, também pelo software estatístico SpeedStat, e no ensaio 2, elas foram submetidas à análise de regressão polinomial pelo software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2020).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados do ensaio 1 (Safra2023/2024)

Algumas variáveis não apresentaram homoscedasticidade das variâncias e normalidade dos resíduos pelos testes de Cochran e de Jarque-Bera, respectivamente. Assim, as médias foram transformadas e, após as transformações, todas as variáveis foram submetidas a análise de variância (ANOVA), cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo da análise de variâncias para as variáveis respostas altura de planta (AP), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de folhas expandidas (NFE), número de espigas por planta (NEP), comprimento da primeira espiga (CE1), comprimento da segunda espiga (CE2), diâmetro da primeira espiga (DE1), diâmetro da segunda espiga (DE2), número de fileiras de grãos da primeira espiga (NFG1), número de grãos por fileira da primeira espiga (NGF1), número de grãos da primeira espiga (NG1), número de fileiras de grãos da segunda espiga (NFG2), número de grãos por fileira da segunda espiga (NGF2), número de grãos da segunda espiga (NG2), número de grãos (NG), massa de 1.000 grãos (MMG) e produtividade de grãos por hectare (PROD) de milho em função da turfa líquida e da época de aplicação na safra 2023/2024

VARIAVEIS	QM	P-valor	Média	CV (%)	Transformação ¹
AP ¹ (cm)	3,2500 ns	0,9291	5,00	59,72	(RT-2 (rank in blocks: transformação não-paramétrica))
AIE ¹ (cm)	74,5156 ns	0,7989	18,50	62,30	(Rank (transformação não-paramétrica))
DC ¹ (mm)	30,7500 ns	0,9868	18,50	65,97	(Rank (transformação não-paramétrica))
NFE ¹	43,7031 ns	0,9342	18,50	60,02	(Rank (transformação não-paramétrica))
NEP	0,0428 ns	0,3352	1,38	13,65	
CE1 (cm)	0,0525 ns	0,9983	16,42	4,17	
CE2 ¹ (cm)	20646,9634 ns	0,2976	288,13	44,01	(Box-Cox (y+1), $\lambda=2,7$)
DE1 (mm)	1,1066 ns	0,9217	47,84	3,57	
DE2 ¹ (mm)	160,5000 ns	0,1739	18,50	53,95	(Rank (transformação não-paramétrica))
NFG1	0,6444 ns	0,2799	14,99	4,66	
NGF1	2,7228 ns	0,2996	37,56	3,88	
NG1	1744,9569 *	0,0147	537,21	4,41	
NFG2	8,0678 ns	0,4324	5,87	47,35	
NGF2 ¹	108,7656 ns	0,4768	18,50	57,03	(Rank (transformação não-paramétrica))
NG2	6470,8850 ns	0,0963	125,68	45,68	
NG (g)	11264,2286 *	0,0119	662,89	8,88	
MMG (g)	32660,2898 ns	0,4391	1718,48	10,34	
PROD (scs 60 kg)	490,7968 ns	0,5214	205,82	11,26	

* significativo e ns não significativo, em nível de 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

¹Anova com dados transformados, apresentação com dados originais. Fonte: O autor.

Apenas as variáveis NG1 e NG apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade, pelo teste F, enquanto todas as demais não mostraram diferenças significativas (Tabela 1).

Dessa forma, o teste de Scott-Knott identificou diferenças significativas para as variáveis respostas número de grão da primeira espiga (NG1) e número de grãos (NG) (Tabela 2). Para a variável NG1, o tratamento V4 + V8 ($6,0\text{ L ha}^{1/2}$) superou a produtividade de todos os demais tratamentos, e se destacou com um incremento médio de 63,83 grãos a mais que os tratamentos V4 + V8 + V12 ($6,0\text{ L ha}^{1/3}$) e V4 + V8 + V12 + V15 ($6,0\text{ L ha}^{1/4}$) (Tabela 2). Na variável resposta NG, os tratamentos V4 + V8 ($6,0\text{ L ha}^{1/2}$) e V4 + V8 + V12 + V15 ($4,5\text{ L ha}^{1/4}$) apresentaram incremento médio de 64,27 em relação aos tratamentos controle dose 0 L ha¹, V4 ($4,5\text{ L ha}^{1/2}$), V4 + V8 ($4,5\text{ L ha}^{1/2}$), V4 + V8 + V12 ($4,5\text{ L ha}^{1/3}$), V4 ($6,0\text{ L ha}^1$) e V4 + V8 + V12 ($6,0\text{ L ha}^{1/3}$). (Tabela 2).

Tabela 2. Médias da altura de planta (AP), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de folhas expandidas (NFE), número de espigas por planta (NEP), comprimento da primeira espiga (CE1), comprimento da segunda espiga (CE2), diâmetro da primeira espiga (DE1), diâmetro da segunda espiga (DE2), número de fileiras de grãos da primeira espiga (NFG1), número de grãos por fileira da primeira espiga (NGF1), número de grãos da primeira espiga (NG1), número de fileiras de grãos da segunda espiga (NFG2), número de grãos por fileira da segunda espiga (NGF2), número de grãos da segunda espiga (NG2), número de grãos (NG), massa e 1.000 grãos (MMG) e produtividade de grãos por hectare (PROD) de milho em função da turfa líquida e da época de aplicação na safra 2023/2024

Tratamentos	AP (cm) ¹	AIE ¹ (cm)	DC ¹ (mm)	NFE ¹	NEP	DE1	CE1	NFG1	NGF1	NG1
Controle dose 0 L ha ¹	272,05 a	19,13 a	12,75 a	18,00 a	1,50 a	47,84 a	16,43 a	15,10 a	38,45 a	545,45 b
V4 (4,5 L ha ¹)	277,80 a	20,63 a	21,75 a	21,75 a	1,25 a	47,39 a	16,55 a	15,50 a	36,90 a	552,25 b
V4 +V8 (4,5 L ha ^{1/2})	275,80 a	20,25 a	16,50 a	18,75 a	1,40 a	47,85 a	16,53 a	14,80 a	38,35 a	533,95 b
V4 + V8 +V12 (4,5 L ha ^{1/3})	271,75 a	23,88 a	19,00 a	21,75 a	1,30 a	47,38 a	16,33 a	15,30 a	36,30 a	541,90 b
V4 + V8 ++V12 + V15 ² (4,5 L ha ^{1/4})	275,15 a	22,63 a	19,00 a	16,13 a	1,25 a	47,00 a	16,40 a	14,70 a	38,10 a	531,50 b
V4 (6,0 L ha ¹)	274,55 a	9,38 a	17,25 a	19,25 a	1,30 a	48,53 a	16,40 a	14,80 a	37,90 a	517,35 c
V4 + V8 (6,0 L ha ^{1/2})	275,90 a	18,50 a	21,75 a	12,38 a	1,45 a	48,36 a	16,45 a	15,60 a	38,30 a	580,05 a
V4 + V8 + V12 (6,0 L ha ^{1/3})	275,15 a	16,13 a	19,00 a	16,00 a	1,50 a	47,81 a	16,50 a	14,60 a	36,65 a	519,40 c
V4 + V8 + V12 + V15 (6,0 L ha ^{1/4})	274,00 a	16,00 a	19,50 a	22,50 a	1,45 a	48,43 a	16,18 a	14,50 a	37,09 a	513,05 c
Tratamentos	DE2 ¹	CE2 ¹	NFG2	NGF2 ¹	NG2	NG	MMG (g)	PROD (sc ha ⁻¹)		
Controle dose 0 L ha ¹	16,25 a	253,38 a	6,40 a	16,75 a	132,35 a	677,80 b	1768,90 a	215,81 a		
V4 (4,5 L ha ¹)	12,50 a	303,14 a	4,70 a	11,25 a	118,60 a	670,85 b	1632,89 a	191,97 a		
V4 +V8 (4,5 L ha ^{1/2})	27,00 a	396,20 a	7,30 a	23,25 a	165,50 a	699,45 b	1723,98 a	204,84 a		
V4 + V8 +V12 (4,5 L ha ^{1/3})	17,00 a	264,86 a	5,80 a	20,25 a	109,75 a	651,65 b	1685,85 a	193,19 a		
V4 + V8 ++V12 + V15 (4,5 L ha ^{1/4})	16,00 a	353,05 a	7,80 a	25,375 a	183,80 a	715,30 a	1611,29 a	204,60 a		
V4 (6,0 L ha ¹)	29,50 a	333,27 a	4,45 a	19,25 a	115,85 a	633,20 b	1801,98 a	212,54 a		
V4 + V8 (6,0 L ha ^{1/2})	18,75 a	296,84 a	7,10 a	23,125 a	152,95 a	733,00 a	1625,50 a	225,67 a		
V4 + V8 + V12 (6,0 L ha ^{1/3})	19,75 a	243,23 a	5,70 a	16,75 a	106,90 a	626,30 b	1732,99 a	196,50 a		
V4 + V8 + V12 + V15 (6,0 L ha ^{1/4})	9,75 a	149,22 a	3,60 a	10,5 a	45,45 a	558,50 c	1882,92 a	207,23 a		

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade de erro.

¹Teste de Scott-Knott com dados transformados, apresentação com dados originais.

²V4-Quarta folha totalmente expandida; V6 Sexta folha totalmente expandida; V8 Oitava folha totalmente expandida; V15 Décima quinta folha totalmente expandida.

Fonte: O autor.

Falqueto (2024), ao testar quatro tipos de bioinsumos à base de turfa líquida, associados a diferentes doses de nitrogênio na cultura do milho, verificou que um deles se destacou promovendo incremento significativo nos órgãos reprodutivos. Para a variável resposta matéria seca de sabugo, foi identificado produtividade semelhante à obtida com adubação de 100% do nitrogênio recomendado para a cultura do milho, mesmo utilizando apenas 50% da dose. Além disso, as variáveis respostas comprimento de espiga, diâmetro de espiga, matéria seca de espiga e massa seca de grãos, também apresentaram resultados positivos na aplicação de turfa líquida.

Cabe salientar que apenas algumas variáveis respostas intermediárias do crescimento reprodutivo foram afetadas positivamente pelo uso da turfa, assim como se observou neste trabalho, no entanto, variáveis compostas como massa de 1.000 grãos e produtividade não mostraram diferenças significativas, além do controle apresentar diversas vezes respostas absolutas superiores aos tratamentos com turfa líquida.

Apesar de difícil mensurar o aproveitamento das substâncias húmicas pelas plantas, Rosa (2009) ao utilizar substâncias húmicas de baixo peso molecular extraídas do carvão mineral, em solução nutritiva, identificou na cultura do feijoeiro incremento nos componentes vegetativos sendo, as variáveis respostas massa da parte aérea seca e crescimento de massa da raiz seca. Nesse trabalho, a autora também cita que outros autores encontraram respostas semelhantes na cultura do azevém e concluiu que as técnicas de aplicação das substâncias húmicas, podem melhoram a eficiência de absorção pelas culturas agrícolas.

Por outro lado, as demais variáveis não apresentaram diferenças significativas, pelo teste de Scott-Knott (Tabela 2), conforme já determinadas na análise de variância (Tabela 1).

As substâncias húmicas são formadas a partir de vários compostos orgânicos, cujas características variam de acordo com a sua origem. Esses compostos possuem baixo peso molecular, contudo, ao se agregarem pelas ligações de hidrogênio em meio hidrofóbico, formam moléculas húmicas de elevado peso molecular. Devido a sua hidrofobicidade, os ácidos húmicos apresentam maior afinidade por lipídeos do que por água (CHEN, SENESI, SCHNITZER, 1997).

O peso molecular dos ácidos húmicos define o seu tamanho e forma, e as moléculas se tornam, cada vez mais, fortemente condensadas formando as supramacromoléculas, como hoje são chamadas. Contudo, até mesmo o ácido fúlvico que é hidrofilico em qualquer valor de pH, com a associação molecular pode gerar sistemas polidisperso e ter alto peso molecular (PICCOLO, 2002), o que pode dificultar sua absorção foliar, possivelmente o que aconteceu nos tratamentos que receberam o produto dessa forma.

Geralmente, produtos oriundos de turfa possuem maiores teores de ácidos húmicos do que ácidos fúlvidos, e a degradação mais lenta dos ácidos húmicos pode estar relacionado à maior hidrofobicidade da molécula. A associação de fungos e bactérias com ácidos húmicos, para a simplificação de suas estruturas e diminuição da humificação, peso molecular e aromaticidade, apresentou resposta positiva em solo siltoso, no trabalho realizado por Boguta et al. (2021), que afirmaram que os parâmetros estruturais das moléculas podem variar de acordo com o tipo de solo e o tempo de tratamento.

Por outro lado, considerando a relação entre planta e tecnologia de aplicação, outros fatores como a cerosidade foliar e tensão superficial das gotas de pulverização, também podem influenciar negativamente na absorção de produtos à base de substâncias húmicas, haja vista que a água é o solvente mais utilizado no preparo de caldas para aplicação de produtos fitossanitários na agricultura, e por sua vez, apresenta baixa retenção ao entrar em contato com substâncias hidrofóbicas ou superfície cerosa (GUTHS, 2013).

Pitann, Khan e Mühling (2024) ao utilizar ácido húmico oriundo da mineração de bentonita, aplicado na face adaxial e abaxial das folhas de milho, na diluição de 1% (v/v), em diferentes cenários: suprimento hídrico adequado, seca, alagamento e estresse alternado, constataram que todas as variações identificadas foram referentes aos diferentes cenários propostos para a cultura, e não pela absorção de substâncias húmicas e concluíram que os resultados positivos estão geralmente associados às altas doses de ácidos húmicos.

Há que se considerar ainda que durante a safra 2023/2024 as condições meteorológicas foram atípicas para a região, com elevadas temperaturas principalmente no início do mês de novembro (Figura 1).

A temperatura ideal para cultura do milho oscila entre 25 °C e 30°C durante o dia e entre 16 °C e 19°C durante a noite, porém as temperaturas noturnas, durante o período de cultivo, ficaram acima da normalidade para a cultura (Figura 1). Altas temperaturas, principalmente em período noturno, podem elevar as taxas de respiração e fazer com que as plantas de milho consumam grande parte dos fotoassimilados produzidos durante o dia, comprometendo seriamente o rendimento de grãos (DUARTE et al 2011).

5.2 Resultados do ensaio 2 (Safra2024/2025)

As variáveis altura de planta (AP) e produtividade (PROD) não apresentaram homoscedasticidade das variâncias e normalidade dos resíduos pelos testes de Cochran e de

Jarque-Bera, respectivamente. Assim, as médias foram transformadas e, após as transformações, todas as variáveis foram submetidas a análise de variância (ANOVA), cujos resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variâncias para as variáveis respostas altura de planta (AP), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de folhas expandidas (NFE), número de espigas por planta (NE), comprimento da primeira espiga (CE1), comprimento da segunda espiga (CE2), diâmetro da primeira espiga (DE1), diâmetro da segunda espiga (DE2), número de fileiras de grãos da primeira espiga (NFG1), número de grãos por fileira da primeira espiga (NGF1), número de grãos da primeira espiga (NG1), número de fileiras de grãos da segunda espiga (NFG2), número de grãos por fileira da segunda espiga (NGF2), número de grãos da segunda espiga (NG2), número de grãos (NG), massa de 1.000 grãos (MMG) e produtividade de grãos por hectare (PROD) de milho em função da turfa líquida e do número de aplicações na safra 2024/2025

Fontes de variação	QM	P-valor	Média	CV (%)	QM	P-valor	Média	CV (%)	QM	P-valor	Média	CV (%)
AP ¹ (cm)												
Parcelamento (P)	0,1923	ns	0,2819		29,2410	ns	0,0114		0,0240	ns	0,8544	
Dose de turfa (D)	0,2846	ns	0,1611	271,6650	4,59	52,7685	ns	0,0085	147,4550	4,07	1,2828	ns
P x D	0,1289	ns	0,5308		37,4835	ns	0,1480		0,8043	ns	0,3388	
NFE												
NEP												
Parcelamento (P)	0,0160	ns	0,6503		0,1563	*	0,0310		0,1850	ns	0,3846	
Dose de turfa (D)	0,0500	ns	0,6274	19,7500	1,40	0,0873	*	0,0410	1,6925	10,26	0,1225	ns
P x D	0,0260	ns	0,8476		0,0262	ns	0,4947		0,0717	ns	0,8736	
CE2 (cm)												
Parcelamento (P)	1,2041	ns	0,3472		0,0980	ns	0,8171		61,5040	*	0,0368	
Dose de turfa (D)	1,8631	ns	0,2554	51,1300	9,31	2,8531	ns	0,2062	51,1300	2,62	41,5506	*
P x D	1,2218	ns	0,4620		0,9179	ns	0,7283		9,7318	ns	0,5584	
DE1 (mm)												
Parcelamento (P)	0,1960	ns	0,5193		0,0226	ns	0,9146		512,6560	ns	0,3589	
Dose de turfa (D)	0,4240	ns	0,4654	16,1900	4,19	2,2249	ns	0,3522	42,7338	3,25	1721,7540	ns
P x D	0,1960	ns	0,7882		2,5357	ns	0,2889		408,6560	ns	0,6024	
DE2 (mm)												
NFG1												
Parcelamento (P)	0,1960	ns	0,5193		0,0226	ns	0,9146		512,6560	ns	0,3589	
Dose de turfa (D)	0,4240	ns	0,4654	16,1900	4,19	2,2249	ns	0,3522	42,7338	3,25	1721,7540	ns
P x D	0,1960	ns	0,7882		2,5357	ns	0,2889		408,6560	ns	0,6024	
NGF2												
Parcelamento (P)	1,2041	ns	0,3472		5,7760	ns	0,5741		4182,0250	ns	0,4237	
Dose de turfa (D)	1,8631	ns	0,2554	15,7600	9,31	17,8540	ns	0,4245	29,3600	14,39	4426,2515	ns
P x D	1,2218	ns	0,4620		10,2560	ns	0,6834		2847,2225	ns	0,7720	
NG												
MMG (g)												
Parcelamento (P)	3538,1610	ns	0,4876		11011,3951	ns	0,5062		15962614,0790	ns	0,5423	
Dose de turfa (D)	10428,2415	ns	0,2418	1102,7650	7,66	20092,0207	ns	0,5188	1519,7570	10,25	45686662,4838	ns
P x D	2917,8985	ns	0,8008		13548,3642	ns	0,6945		9548272,4997	ns	0,9204	
PROD ² (sacas 60 kg ha ⁻¹)												

* significativo e ns não significativo, em nível de 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

¹(Johnson-SB adapt.: SB=ln[(y+1)/(λ-y)]-ln(1/λ), λ= 286); ²Box-Cox (y+1), λ= 2: Anova com dados transformados, apresentação com dados originais.

Fonte: O autor.

Verificou-se na ANOVA, diferenças significativas em função do parcelamento para as variáveis NEP e DE2, a 5 % de probabilidade pelo teste F (Tabela 3). Para as doses, nas variáveis respostas NEP e DE2 verificou-se diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste F. (Tabela 3).

Para as variáveis respostas AP, AIE, DC, NF, DE1, CE1, NFG1, NGF1, NG1, CE2, NFG2, NGF2, NG2, NG, MMG e PROD não foram observadas diferenças significativas, de modo que apresentaram comportamento similar à média geral (Tabela 3).

Na análise de regressão, apenas a variável resposta NEP apresentou ajuste de regressão no efeito isolado das doses de turfa líquida, com $R^2 = 79,14\%$ para o modelo quadrático representado pela equação NEP estimado = $1,773214 - 0,62560x + 0,005456x^2$. Apesar disso, este tipo de ajuste com decréscimo no β_1 não teve efeitos positivos, uma vez que demonstrou redução do número de espigas com a aplicação das doses de turfa líquida, equiparando os efeitos da testemunha à dose de 12 L ha^{-1} , ou seja, sem vantagens agronômicas. Apesar da variável resposta DE2 apresentar significância na ANOVA, observou-se que o ajuste da equação foi de 31% para o modelo quadrático, e com desvio significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F.

Mota et al (2017) apresentaram resultados contraditórios, ao diluir turfa líquida em água e aplicá-la com regador sobre as linhas de milho logo após a semeadura, observaram maior desenvolvimento da cultura. Os autores constataram incrementos positivos da combinação NPK + N + turfa líquida no conjunto de variáveis respostas altura de planta, altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de grãos por fileiras, massa de 1.000 grãos e produtividade de grãos.

Segundo Spaccini et al. (2002), quanto maior a hidrofobicidade do material húmico empregado, maior será o sequestro de carbono no solo melhorando principalmente as condições químicas e biológicas do solo, pois compostos orgânicos lábeis possuem uma menor relação C/N e apresentam uma decomposição rápida, mas é possível obter uma decomposição mais lenta com o uso de matéria orgânica humificada.

As substâncias húmicas associadas com ureia diminuíram a perda por amônio, uma vez que diminuem a volatilização de NH_3 devido à capacidade tampão da solução. Os tratamentos de ureia combinados com substâncias húmicas apresentaram estabilidade ao pH=7 o que possibilitou a redução de perdas de N-NH₃ (LEITE 2016).

Ao utilizar diferentes tipos de fertilizante organomineral no solo a pesquisa de Santana (2012) notou aumento nos componentes biométricos e da massa, comprimento e volume de raízes de milho. Além disso, o autor identificou aumento do teor de fósforo nas folhas de milho

pelo sinergismo e provavelmente, também pelo aumento da área radicular, no entanto, notou que a aplicação de fertilizantes organominerais não promovem mudanças imediatas nas propriedades físicas do solo.

O tomateiro com gene repórter DR5:GUS, responsável ao hormônio auxina, apresentou elevado desenvolvimento radicular quando submetido ao tratamento de turfa líquida, pois tanto os ácidos húmicos quanto as substâncias húmicas, de modo geral, provenientes das fontes utilizadas apresentaram efeitos significativos no desenvolvimento de pelos radiculares em plântulas de tomateiro (SILVA et al., 2011).

Moraes, Silva e Jindo (2021) verificaram, em um LATOSOLO VERMELHO com menor teor de matéria orgânica, uma complexação do sulfato de Zn pelo ácido húmico por meio dos grupos funcionais sulfona e carbono, o que aumentou o teor do nutriente na solução do solo, mostrando que as substâncias húmicas são capazes de disponibilizar Zn para a braquiária cultivada na sequência do milho, beneficiando, assim, o sistema de produção.

De acordo com as exigências climáticas da cultura do milho, a safra 2024/2025 apresentou melhores condições de desenvolvimento e produtividade em comparação com a safra 2023/2024. Observou-se uma distribuição mais adequada das precipitações, bem como temperaturas diurnas e noturnas mais amenas, permanecendo abaixo de 19°C no período noturno, especialmente nos estádios críticos da cultura.

Apesar disso, os resultados observados neste trabalho não apresentaram efeitos significativos da turfa líquida na cultura do milho, independente da dose e da forma como foi aplicada, portanto supõe-se que os efeitos estejam ligados à capacidade de absorção das substâncias húmicas pelas folhas e pelas raízes das plantas de milho.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos não foram capazes de demonstrar vantagens agronômicas no uso da turfa líquida na cultura do milho. Dessa forma, independente da dose e da forma de aplicação não foi possível identificar efeitos positivos da turfa líquida na cultura do milho nas condições testadas.

REFERÊNCIAS

- ADAMIANO, A. et al. Calcium phosphate particles coated with humic substances: a potential plant biostimulant from circular economy. **Molecules**, v. 26, n. 9, 2021.
- AGUIAR, N. O. et al. Changes in metabolic profiling of sugarcane leaves induced by endophytic diazotrophic bacteria and humic acids. **PeerJ**, v. 6, n. 9, p. e5445, 5 set. 2018.
- ARAÚJO, E. A. et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 187–206, 30 abr. 2012.
- BETTIOL, W. et al. **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Brasília, DF: Embrapa, 2023.
- BIANCHI, A. **Ação de mefenpyr com ‘safener’ e estimulante de crescimento de milho**. Dissertação (Mestrado) — Botucatu: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2021.
- BOGUTA, P. et al. Chemical transformation of humic acid molecules under the influence of mineral, fungal and bacterial fertilization in the context of the agricultural use of degraded soils. **Molecules**, v. 26, n. 16, p. 4921, 13 ago. 2021.
- CAMPOS, J. R.R. **Relações entre morfoestratigrafia e hidrologia na formação das turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional (MG)**. Tese (Doutorado) — Piracicaba: Universidade de São Paulo, 30 abr. 2014.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; JUNIOR, D. M.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. (eds.). Boletim 100: **recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 3. ed. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 2022.
- CARON, G. C. [Nome]. **Série Produtor Rural no 58: Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: ESALQ, Maria Clarete Sarkis Hyppolito, 2015.
- CARVALHO, A. M. X.; MENDES, F. Q. **SPEED Stat: spreadsheet program para estatística experimental e descritiva**. Rio Paranaíba, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2020.
- CHEN, Y.; SENESI, N.; SCHNITZER, M. Information provided on humic substances by E4/E6 ratios. **Soil Science Society of America Journal**, v. 41, n. 2, p. 352–358, mar. 1977.
- CHIODINI, B. M. et al. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Cultivando o Saber**, v. 6, n. 1, p. 181–190, 14 dez. 2013.
- COELHO, F.; XAVIER, F. PEREIRA, B. Uso de substâncias húmicas para melhoramento de um latossolo amarelo distrocoeso. Cruz das Almas, BA: Embrapa, 1 nov. 2020. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1127757/1/ComunicadoTecnico175-Eugenio-Ainfo.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2025.

COSTA, N. R. et al. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 852–863, 1 jun. 2015.

CUNHA, J. C. MENDES, A, M. S; GONGO, V. Matéria orgânica do solo. In: **Matéria orgânica do solo**. São Carlos: EMBRAPA, 2015. p. 273–282.

DIAS, E. et al. **Turfeiras dos Açores**. 1. ed. Lagoa do Negro na Ilha Terceira: Geva, 2017. v. 1.

DUARTE, A. P. et al. **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/publicacoes-e-bibliotecas/colecao-500-perguntas-500-respostas>. Acesso em: 16 ago. 2025.

FAÇANHA, A. R. et al. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, v. 130, n. 4, p. 1951–1957, 1 dez. 2002.

FALCÃO, N. P. S.; SILVA, J. R. A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 3, p. 337–342, set. 2004.

FALQUETO, C. **Eficiência da adubação nitrogenada associada a substâncias húmicas na cultura do milho**. Itapina: Instituto Federal do Espírito Santo, 28 ago. 2024.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529–535, dez. 2019. Disponível em:<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>. doi: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>. Acesso em: 10 fev. 2020.

FRANCISCO, R. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi as indicators of the recovery of degraded areas in northeastern Brazil. p. 648–657, 2012.

GALON, L. et al. Seletividade de herbicidas às culturas pelo uso de protetores químicos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 3, p. 291, 10 dez. 2011.

GEREMIA, V. et al. Fauna edáfica em pastagem perene sob diferentes fontes de nutrientes. v. 4, n. 4, p. 17–30, 2015.

GUTHS, G. **Uso de adjuvante siliconado em substituição total ou parcial do óleo mineral na aplicação de fungicidas em soja e milho**. Dissertação (Mestrado) — Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 19 dez. 2013.

JUNG, et al. Which traits of humic substances are investigated to improve their agronomical value? **Molecules**, v. 14, n. 2, p. 738–754, 2021.

JUNK, W. C. N. **Inventário das áreas úmidas brasileiras**. (Doriane Miloch et al., Orgs.) Cuiabá, MT, 2024. Disponível em: <https://inau.org.br/site/images/e->

book/c_c_inventario_das_areas_umidas_brasileiras_inau_e-book.pdf. Acesso em: 18 ago. 2025.

KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

LEITE, J. M. **Eficiência agronômica da adubação nitrogenada associada à aplicação de substâncias húmicas em cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado) — Piracicaba: ESALQ/USP, 2016.

LEITE, L. F. C. **Matéria orgânica no solo**, nov. 2004. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/68879>. Acesso em: 18 ago. 2025.

MACHADO, M. A.; RHODEN, A. C. **Aplicação da agricultura regenerativa no Brasil: estudo de caso no oeste catarinense**, 4 abr. 2022. Disponível em: <https://uceff.edu.br/anais/index.php/agronomia/article/view/314>. Acesso em: 31 mar. 2024.

MANGIERI, V. L; TAVARES F., J. Avaliação de matéria orgânica, densidade e porosidade do latossolo vermelho em contato com lixiviado de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 6, p. 1251–1258, 1 dez. 2019.

MARTINS, C. R.; MIRANDA, J. C. C. MIRANDA, L. N. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de *Aristida setifolia* Kunth em áreas degradadas do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 665–674, abr. 1999.

MATIAS, G. C. S. **Eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados em solos com diferentes capacidades de adsorção de fósforo e teores de matéria orgânica**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 12 maio 2010.

MATZENBACHER, F. O. et al. Safeners: impacto dos fatores ambientais, genéticos e interações entre agrotóxicos na fisiologia de sementes tratadas. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 1, p. 4821–4839, 23 jan. 2024.

MELHORANÇA, André Luiz et al. **Cultivo do milho**. 9. ed. Brasília, DF: Embrapa Milho, 2015. v. 1.

MENDES, S. et al. **Processo de decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais no cultivo de mangueiras no semiárido brasileiro**. Petrolina, PE, dez. 2011. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/920449>. Acesso em: 18 ago. 2025.

MONQUERO, P. A. Plantas transgênicas resistentes aos herbicidas: situação e perspectivas. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 517–531, 2005.

MORAES, E. G. SILVA, C.; JINDO, K. Humic acid improves Zn fertilization in oxisols successively cultivated with maize-brachiaria. **Molecules**, v. 26, n. 15, 1 ago. 2021.

MOTA, F. et al. Associação de turfa e nitrogênio em cobertura na produtividade do milho. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, p. 170–181, 20 jun. 2017.

- MOTTA, P. E. F.; BARUQUI, A. M.; SANTOS, H. G. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região do Alto Paranaíba, Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 238 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 44).
- OLIVEIRA, J. T. et al. Características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. spe, p. 2821–2829, dez. 2008.
- OLIVEIRA, N. T. **Mecanismos de ação de um bioestimulante à base de substâncias húmicas sobre o desenvolvimento do milho**. Tese (Doutorado) — São João del-Rei: Universidade Federal de São João del-Rei, 28 fev. 2020.
- PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 911–920, jun. 2008.
- PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances: a novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. p. 57–134, dez. 2002.
- PIETRZACKA, R. **Caracterização física e química de um argissolo em área de citricultura orgânica com diferentes manejos da cobertura vegetal do solo**. Dissertação (Mestrado) — Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ago. 2009.
- PITANN, B. KHAN, K. MÜHLING, K. Does humic acid foliar application affect growth and nutrient status of water-stressed maize? **Plant-Environment Interactions**, v. 5, n. 3, 1 jun. 2024.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMÃES, P. T. G. V. ALVAREZ, V, H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.
- RITCHIE, S. W. et al. Como se desenvolve uma planta de milho. Especificações. Representante 48. Universidade Estadual de Iowa. Cooperativo. Ext. Serv., Ames, 1993.
- ROSA, C. M. et al. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. (1), 2009.
- SANTANA, T. G. **Comportamento de milho (*Zea mays L.*) e propriedades físicas do solo, no sistema plantio direto, em resposta a aplicação de fertilizante organomineral**. Dissertação — Botucatu, SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 16 mar. 2012.
- SILVA, A. C. et al. Root growth of tomato seedlings intensified by humic substances from peat bogs. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1609–1617, out. 2011.
- SILVA, A. C. et al. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional - MG: I - caracterização e classificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1385–1398, out. 2009.

SILVA, L. J. et al. Ciclagem de nutrientes, dinâmica da matéria orgânica, manutenção da estrutura do solo e sua influência na produção primária líquida. In: **O agronegócio da pera asiática no Sul do Brasil**. Paraíba PPGEAN, 2021. p. 151–180.

SOUZA, D. J. G. **Uso de fertilizantes organominerais para o desenvolvimento inicial do milho**. Trabalho de conclusão de curso — Uberlândia: UFU, 4 set. 2021.

SPACCINI, R. Increased soil organic carbon sequestration through hydrophobic protection by humic substances. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, n. 12, p. 1839–1851, dez. 2002.

TREVISAN, S. et al. Humic substances induce lateral root formation and expression of the early auxin-responsive IAA19 gene and DR5 synthetic element in *Arabidopsis*. **Plant Biology**, ago. 2009.

TRINDADE, E. F. **Propriedades físicas e químicas de um solo submetido a diferentes sistemas de manejo da capoeira do longo do tempo**. Tese (Doutorado) — Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, dez. 2012.

UDDIN, M. K. et al. Peat-Based Organo-Mineral Fertilizer Improves Nitrogen Use Efficiency, Soil Quality, and Yield of Baby Corn (*Zea mays* L.). **Sustainability**, v. 15, n. 11, p. 9086, 5 jun. 2023.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. Tese — Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 21 ago. 2001.

VIEIRA, L. F. **Aplicação de microrganismos e seus benefícios para sequestro e estoque de carbono**. Uberlândia, 2023. Disponível em:
<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/43179>. Acesso em: 18 ago. 2025.

WADT, P. et al. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. 1. ed. Acre: Embrapa Acre, 2003.

ZONTA, E. et al. **Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais**, 2021. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1134679>. Acesso em: 18 ago. 2025.