

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RAFAEL MIGUEL GONÇALVES VIEIRA

Desenvolvimento de Milho (*Zea mays* L.) com o uso de diferentes fontes de fósforo

Uberlândia-MG

2023

RAFAEL MIGUEL GONÇALVES VIEIRA

Desenvolvimento de Milho (*Zea mays* L.) com o uso de diferentes fontes de fósforo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dra. Araújo Hulmann Batista.

Coorientador: Prof. Dr. Reginaldo de Camargo.

Uberlândia-MG

2023

RAFAEL MIGUEL GONÇALVES VIEIRA

Desenvolvimento de Milho (*Zea mays* L.) com o uso de diferentes fontes fósforo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia

Uberlândia-MG, 2023

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Araújo Hulmann Batista (UFU)

---

Eng. Agr. Júlio Eduardo Santana Maia (UFU)

---

Dr. Adílio de Sá Junior (UFU)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais e irmã pelo apoio e amparo em minha jornada acadêmica.

Agradeço a professora e amiga Araújo o incentivo, motivação e orientação nesta caminhada acadêmica.

Ao colega Júlio, pelo apoio e empenho nesse estudo.

Agradeço ao Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) – Programa de Educação Tutorial (PET) pela bolsa concedida durante os anos do curso.

Agradeço também, ao técnico de laboratório Adílio pela ajuda com a parte estatística do trabalho.

## RESUMO

O fósforo (P) é um nutriente com alta exigência para produção de grãos, como a cultura do milho (*Zea mays* L.), mas que possui teores baixos e dinâmica complexa nos solos tropicais. Neste estudo foi avaliado o comportamento de plantas de milho a partir de diferentes fertilizantes fosfatados, incluindo organominerais (FOM) e convencionais. Foi utilizado delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 4X2+2 com 4 repetições. Sendo o primeiro fator quatro fontes de P, com os tratamentos (T1 – FOM Farelado 05-26-00 NPK, T2 – FOM Granulado 05-26-00 NPK, T3 – Kimberlit 11-52-00 NPK, 05-26-00 NPK e T4 – Convencional 11-52-00 NPK) e o segundo fator duas classes de solos com distintas texturas (LATOSSOLO VERMELHO, LVd e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, RQ), com duas testemunhas adicionais (sem aplicação de fertilizantes), avaliando o desenvolvimento do milho 60 dias após semeadura. Os dados foram analisados com uso do software ASSISTAT 7.7pt com médias distintas pelo teste de Scott knott à significância de 5%. Aos 60 dias após a semeadura (DAS) foram realizadas as avaliações de Altura, Índice SPAD e Diâmetro do colmo, além das análises de Massa Fresca e Massa Seca. Ademais, foram determinados o P no solo (Mehlich 1) e P foliar (digestão ácida). As análises mostraram que o uso de fertilizante fosfatado fez com que os tratamentos fossem diferentes das testemunhas adicionais. A aplicação de fertilizantes, especialmente o MAP convencional e o MAP revestido com polímero Kimberlit, resultou em incrementos significativos em todas as variáveis morfofisiológicas avaliadas nas plantas de milho. Essa resposta expressiva foi mais pronunciada no LVd de textura argilosa. No RQ, de textura média, todos os fertilizantes apresentaram eficácia semelhante. O MAP convencional demonstrou melhor desempenho em ambas as texturas de solo, indicando uma liberação dinâmica de P para a cultura do milho. As médias das variáveis relacionadas às plantas foram mais elevadas no LVd, enquanto no RQ, as análises de P no solo e na parte aérea responderam de maneira mais positiva à adubação. No entanto, é importante considerar que os resultados podem variar de acordo com as condições do solo e das culturas. Essas descobertas contribuem para o avanço do conhecimento sobre diferentes fontes de fertilizantes e suas implicações na agricultura.

**Palavras-chave:** Organominerais; fertilidade do solo; polímero Kimberlit; fósforo.

## ABSTRACT

The culture of corn is of paramount importance to Brazil, with significant implications for both the domestic and international markets. Phosphorus (P) is a nutrient crucial for grain production but is characterized by low levels and a complex dynamic in tropical soils. This study evaluated the performance of corn plants using different phosphate fertilizers, including organominerals (FOM) and conventional ones. A randomized block design was employed in a 4X2+2 factorial arrangement with four repetitions. The first factor comprised four phosphorus treatment sources (T1 – FOM Crushed 05-26-00, T2 – FOM Granulated, T3 – Kimberlit 11-52-00 NPK, 05-26-00 NPK, and T4 – Conventional 11-52-00 NPK), and the second factor involved two soil types (Oxisol LVd and Arenosol RQ), with two additional controls (no fertilizer application). The evaluation of corn development occurred 60 days after sowing. Data analysis utilized ASSISTAT 7.7pt software, and distinct means were determined by the Scott-Knott test at a significance level of 5%. At 60 days after sowing (DAS), assessments were made for height, SPAD index, stem diameter, as well as fresh and dry mass. Additionally, soil P (Mehlich 1) and leaf P (acid digestion) were determined. The analyses revealed that the application of phosphate fertilizer resulted in treatments differing from the additional controls. Fertilizer application, especially with conventional MAP and polymer-coated Kimberlit MAP, led to significant increases in all morphophysiological variables evaluated in corn plants. This pronounced response was more evident in the clayey LVd. In the medium-textured RQ, all fertilizers showed similar efficacy. Conventional MAP demonstrated superior performance in both soil textures, indicating a dynamic release of phosphorus for corn cultivation. Means of plant-related variables were higher in LVd, while in RQ, phosphorus analyses in soil and aerial parts responded more positively to fertilization. However, it is essential to consider that results may vary depending on soil and crop conditions. These findings contribute to advancing knowledge about different fertilizer sources and their implications in agriculture.

**Keywords:** Organominerals; soil fertility; Kimberlit polymer; phosphorus.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 A -	Disposição das unidades experimentais em casa de vegetação, durante período de incubação com calcário pelo período de 90 dias.....	16
Figura 1 B -	Experimento Após a Incubação com calcário, plantio e debaste.....	16
Figura 2 -	Avaliação da Interação entre Fertilizantes e Solos sobre a Altura de Colmo aos 60 dias após semeadura (cm planta <sup>-1</sup> ) em Uberlândia-MG, Junho/2022.....	24
Figura 3 -	Avaliação da Interação entre Fertilizantes e Solos sobre a Massa Fresca de Plantas aos 60 dias após semeadura (g planta <sup>-1</sup> ) em Uberlândia-MG, junho/2022.....	26
Figura 4 -	Avaliação da Interação entre Fertilizantes e Solos sobre a Massa Seca de Plantas aos 60 dias após semeadura (g planta <sup>-1</sup> ) em Uberlândia-MG, junho/2022.....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise química e granulométrica do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (LVd) e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (RQ) após correção com calcário no Laboratório SAFRAR ANÁLISES AGRÍCOLAS LTDA em Uberlândia-MG, março de 2022.....	17
Tabela 2 -	Doses de Adubo NPK estipuladas de um experimento com quatro fertilizantes fosfatados e dois solos em Uberlândia-MG, mar/2022.....	18
Tabela 3 -	Quadrados Médios da Análise de Variância das variáveis altura de colmo (cm planta <sup>-1</sup> ), diâmetro de planta (cm planta <sup>-1</sup> ), Índice SPAD (%) e massa fresca e seca (MS e MF) em g planta <sup>-1</sup> , provenientes do experimento com quatro fertilizantes em dois tipos de solo na cultura do milho, Uberlândia- MG, junho/2022.....	20
Tabela 4 -	Quadrados Médios da Análise de Variância das variáveis P do solo (mg dm <sup>3</sup> <sup>-1</sup> ) e P foliar (g kg <sup>-1</sup> ) provenientes do experimento com quatro fertilizantes em dois tipos de solo na cultura do milho, Uberlândia- MG, junho/2022.....	21
Tabela 5 -	Resultados da Avaliação da Interação entre Fertilizantes e Solos sobre a Altura de Colmo aos 60 dias após semeadura (cm planta <sup>-1</sup> ) em Uberlândia-MG, Junho/2022.....	22
Tabela 6 -	Resultados da Avaliação da Interação entre Fertilizantes e Solos sobre a Diâmetro de Plantas aos 60 dias após semeadura (mm planta <sup>-1</sup> ) em Uberlândia-MG, Junho/2022.....	24
Tabela 7 -	Resultados da Avaliação da Interação entre Fertilizantes e Solos sobre o Índice SPAD aos 60 dias após semeadura (unidades SPAD), em Uberlândia-MG, junho/2022.....	25
Tabela 8 -	Resultados da Avaliação da Interação entre Fertilizantes e Solos sobre o P no solo aos 60 dias após semeadura (mg dm <sup>3</sup> <sup>-1</sup> ), em Uberlândia-MG, junho/2022.....	28

Tabela 9 -	Resultados da Avaliação da Interação entre Fertilizantes e Solos sobre o P foliar aos 60 dias após semeadura ( $\text{g kg}^{-1}$ ), em Uberlândia-MG, junho/2022.....	29
Tabela 10 -	Valores médios da relação entre fatorial e testemunha adicional de diâmetro do colmo, altura das plantas, SPAD, massa fresca, massa seca, P no solo e P foliar aos 60 dias após semeadura provenientes do experimento com quatro fertilizantes em dois tipos de solo na cultura de milho, em Uberlândia-MG, junho/2022.....	30

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
2.1	Instalação do Experimento.....	15
2.2	Análise de Plantas e Solos.....	18
2.3	Análise Estatística.....	19
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
3.1	Análises de Variância.....	20
3.2	Resposta das plantas aos tratamentos.....	21
3.3	Disponibilidade de fósforo nos solos em função dos tratamentos.....	27
3.4	Análise da Testemunha Adicional.....	29
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) no Brasil possui grande expressão e importância econômica para a dinâmica do agronegócio nacional e internacional. Segundo dados da CONAB (2023), a safra de milho no ano agrícola de 2022-2023 foi de 119,4 milhões de toneladas de grãos. Nesse sentido, para a produção de milho é necessário um alto aporte de adubação de macronutrientes (Ca, Mg, S, N, P e K) e aplicações de micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn), com destaque, para o fósforo (P). Vale ressaltar que, para a produção de uma tonelada de grãos de milho, são necessários cerca de 10 kg de  $P_2O_5$  (COELHO; ALVES, 2004).

Há pelo menos um século, a incorporação de fertilizantes minerais e orgânicos nos processos agrícolas tem sido fundamental para aumentar a produtividade das culturas. No entanto, o crescente aumento na demanda por esses produtos e a expansão da produção agrícola global têm gerado preocupações em relação à disponibilidade e ao custo desses insumos, uma vez que são recursos naturais finitos, cuja extração e produção envolvem altos gastos operacionais (MOREIRA et. al., 2018).

A prática da adubação teve seu início por volta de 8000 a.C na China, onde resíduos animais, húmus dos rios e esterco humano eram utilizados como fertilizantes. Essa técnica também foi observada na Região do Rio Nilo por volta de 600 a.C, onde as cheias do rio eram aproveitadas para fertilizar os solos. Com o tempo, a nutrição de plantas evoluiu gradualmente, culminando na criação da primeira fábrica de superfosfato simples em 1843, na Inglaterra (DIAS, 2005).

Desde então, a prática de nutrir plantas passou por avanços significativos, conduzindo à diversificação de fontes e tecnologias na produção de fertilizantes. Essas inovações desempenham um papel crucial no aumento da produção agrícola e na melhoria da fertilidade do solo, conforme destacado por Dias (2005). Atualmente, a produção de fertilizantes abrange uma ampla gama de fontes e tecnologias, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento sustentável da agricultura.

Entre as fontes de fósforo, que constituem a base do mercado de fertilizantes fosfatados atual, incluem-se os termofosfatos, o superfosfato triplo, o superfosfato simples, o monoamônio fosfato e o diamônio fosfato (NOVAIS; SMYTH, 1999). Cada uma dessas fontes desempenha um papel crucial na oferta de nutrientes essenciais para as plantas, contribuindo para o desenvolvimento saudável das culturas. Essa diversidade de fontes permite aos agricultores escolherem fertilizantes que atendam às necessidades específicas de acordo com as

necessidades requeridas pelos solos e as culturas, promovendo assim uma abordagem mais eficaz e sustentável para a nutrição vegetal.

A produção agrícola na região do Cerrado enfrenta desafios significativos devido à prevalência de solos ácidos, caracterizados por uma alta saturação de alumínio. Essa condição implica em diversas complicações na disponibilidade dos nutrientes, sendo o fósforo especialmente impactado. A redução do pH do solo resulta em uma diminuição na disponibilidade de fósforo para as plantas, como ressaltado por Goedert et al. (1997). Essa limitação representa um obstáculo crucial para a eficácia da produção agrícola nessa região específica.

Os Latossolos oxídicos apresentam muito baixa disponibilidade de P, sendo comum valores abaixo de  $10 \text{ kg.ha}^{-1}$  de P disponível na camada de 0 – 20 cm, confirmados por resultados de análises de solo e planta, e pela alta resposta das culturas à aplicação deste nutriente. Além da baixa disponibilidade natural, outro desafio no fornecimento de P para as culturas é sua complexa dinâmica nos solos com elevados teores de argilas oxídicas (NOVAIS; SMYTH, 1999).

O fósforo fornecido via adubação possui alta fixação por estes componentes da fase sólida, tornando-se indisponível às plantas pela natureza das ligações químicas que realiza com os colóides dos solos (NOVAIS; SMYTH, 1999).

A taxa de disponibilidade desse nutriente para as plantas geralmente não ultrapassa 20%, resultando em cerca de 80% do fósforo total, aplicado em áreas de cultivo inicial, que se fixa no solo e permanece inacessível para as culturas (NOVAIS; SMYTH, 1999). Assim, para suprir a demanda das culturas e manter bons níveis de produtividade, são necessárias aplicações de altas doses de fósforo nestes solos (SOUSA et. al., 2012).

Uma estratégia viável para superar essas dificuldades reside no emprego de matéria orgânica, que oferece uma série de vantagens tanto para o cultivo de milho, quanto para outras culturas. A sua presença favorece a complexação reduzindo os níveis de alumínio e manganês tóxicos, que promovem aumento da acidez localizada, facilitando o transporte de nutrientes, além de aumentar a estabilidade da estrutura do solo. Ademais, a presença de matéria orgânica possibilita uma melhor infiltração de água e aeração do solo, promovendo um desenvolvimento mais robusto das raízes, como destacado por Cabral et. al. (2014).

Neste contexto, é possível compreender o quanto os fertilizantes químicos são essenciais para a manutenção das elevadas produtividades. Entretanto, o elevado custo aliado à escassez destes insumos, tem levado a indústria a buscar novas fontes de nutrientes, que sejam mais sustentáveis a longo prazo. Assim, os fertilizantes organominerais (FOM) surgem como

uma alternativa promissora, pois combinam compostos orgânicos (proteínas, lipídeos, carboidratos, entre outros) e inorgânicos (cinzas), proporcionando benefícios econômicos e ambientais (KIEHL, 2008; MAPA, 2017; VIEIRA et. al., 2020; SILVA, 2020).

Os fertilizantes organominerais surgem como uma resposta à valorização de resíduos, resultando da combinação física ou mistura de fertilizantes orgânicos e minerais (MAPA, 2017). Segundo a Instrução Normativa nº 23 de 31 de agosto de 2005 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), fertilizantes orgânicos são produtos com propriedades orgânicas básicas, obtidas por meio de processos naturais ou controlados, provenientes de origem industrial, urbana, rural, sendo de origem vegetal ou animal, podendo ser ricos ou não em nutrientes (BRASIL, 2005).

Segundo a Instrução Normativa nº 61 da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SDA/MAPA) 61/2020 (BRASIL, 2020), os fertilizantes organominerais tem padrões rigorosos, com requisitos específicos para sua composição. São exigidos 8% de teor de carbono, uma umidade máxima de 20%, capacidade de troca catiônica (CTC) de 80 mmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>, além de proporções estipuladas para macronutrientes primários (10%), macronutrientes secundários (5%), e micronutrientes (6%). Essas diretrizes estabelecem critérios mínimos para garantir a qualidade e eficácia desses fertilizantes, assegurando benefícios consistentes para o desenvolvimento das plantas.

Os FOM apresentam vantagens importantes, destacando-se como fontes ricas em nutrientes para o crescimento das plantas. Além disso, esses fertilizantes são produzidos a partir de uma variedade de resíduos orgânicos, como esterco animal, restos de colheitas e subprodutos do processamento de alimentos, contribuindo para a redução do desperdício e a reciclagem eficiente desses materiais.

Adicionalmente, a produção e distribuição de FOM frequentemente ocorre em proximidade às propriedades agrícolas, reduzindo custos logísticos e as emissões de carbono associadas ao transporte. Isso fomenta o desenvolvimento econômico em áreas rurais, onde muitas vezes são produzidos, fortalecendo a indústria nacional e promovendo a participação de pequenas e médias empresas no setor (BENITES et. al., 2010).

Até 2005 o mercado de organominerais no Brasil estava associado ao setor de jardinagem, floricultura e hortaliças. No entanto, a partir deste ano, várias mudanças ocorreram que impulsionaram o crescimento desse mercado. Primeiramente, o aumento do preço das commodities desencadeou uma reavaliação dos FOM, que passaram a ser considerados “fertilizantes de eficiência aumentada”. Além disso, houve avanços significativos nos processos

de produção industrial de FOM e Políticas Nacionais de Resíduos Sólidos que incentivara, o uso de FOM em grandes culturas (BENITES et. al., 2010).

No cenário brasileiro, o mercado de FOM experimentou um crescimento notável, atingindo um patamar de vendas de cerca de 4,048 bilhões de reais em 2022. Este crescimento está intimamente relacionado ao investimento das empresas em pesquisa, desenvolvimento de mercado e inovação (PD&I) (ABISOLO, 2023).

O condicionamento do solo é um dos principais benefícios proporcionados pela matéria orgânica, embora seja necessário empregar doses consideráveis para alcançar esse efeito. Devido à quantidade relativamente reduzida de matéria orgânica nos fertilizantes organominerais, é somente a longo prazo, com o uso contínuo, que esses efeitos se tornam perceptíveis. No entanto, a parte orgânica desses fertilizantes desempenha um papel imediato como condicionador para os fertilizantes minerais que compõem sua estrutura, possibilitando a criação de misturas que, de outra forma, seriam inviáveis devido à incompatibilidade física dos adubos presentes (KIEHL, 1985; SILVA et. al., 2020).

Assim, com base no exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos do uso de fertilizantes organominerais com outras fontes de fósforo, no comportamento inicial da cultura do milho (*Zea mays* L.).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Instalação e Condução do Experimento

O experimento foi conduzido entre janeiro e junho, do ano de 2022, em casa de vegetação, localizada na Fazenda do Campus Glória na Universidade Federal de Uberlândia, com as coordenadas 18,94° de latitude e 48,21° de longitude, com altitude de aproximadamente 860 metros.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos (referente a quatro diferentes fontes de fertilizantes), duas classes texturais de solo e quatro repetições, em esquema fatorial duplo com duas testemunhas adicionais (4X2+2). Sendo o primeiro fator constituído de quatro fontes de fertilizantes de fósforo (P): T1- FOM farelado, composto de parte mineral de composição nitrogênio (N) P e potássio (K) 05-26-00, respectivamente; ii. T2 - FOM granulado, com composição mineral NPK 05-26-00, iii. T3 - fertilizante mineral Fosfato Monoamônico (MAP) revestido com polímero Kimberlit, com formulação NPK 10-52-00; iv. T4 - fertilizante convencional MAP, composto por NPK 10-52-00 . O segundo fator de variação foi o solo, sendo um de textura argilosa (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico) e outro de textura média (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, classe obtida em classificação feita até 1,5m de profundidade) (EMBRAPA, 2018). Por fim, foram adotadas duas testemunhas adicionais, uma em cada classe textural de solo, sem aplicação de nenhum fertilizante.

Os solos foram obtidos a partir de uma coleta na Fazenda Experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia, MG, em janeiro de 2022. Foram peneirados em peneira de malha 4,0 mm e misturados com calcário dolomítico, com poder relativo de neutralização total (PRNT) de 90%, com teor de CaO em torno de 46% e MgO de 8%. Foi realizada a a incubação com calcário (Figura 1 A) destes solos por um período de 90 dias a fim de se ter a correção do pH e elevação da saturação de base para 55%, os resultados dessa correção encontram-se na Tabela 1.



**Figura 1. A.** Disposição das unidades experimentais em casa de vegetação, durante período de incubação com calcário pelo período de 90 dias;



**Figura 1. B.** Experimento Após a Incubação com calcário, plantio e debaste.

**Tabela 1.** Análise química e granulométrica do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (LVd) e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (RQ) após correção com calcário no Laboratório SAFRAR ANÁLISES AGRÍCOLAS LTDA em Uberlândia-MG, março de 2022.

Solo	pH		Ca	Mg	K	Al	H+Al	T	SB	V	m	
	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>										
	1:2,5		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							%		
LVd	5.5	4.8	2.63	0.43	0,36	0	3.04	6,46	3.16	57	0	
RQ	5.8	4.8	0.93	0.34	0,10	0	1.27	2,64	1.6	56	0	
Distribuição granulométrica			P	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C.O.			
	Areia	Silte	Argila	mg.dm <sup>-3</sup>							%	
	g.kg <sup>-1</sup>											
LVd	345	100	555	3.0	0.29	1.33	9.0	1.27	0.39	1,0		
RQ	675	100	225	8.6	0.15	1.02	4.0	0.27	0.42	0,9		

Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>); H + Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L<sup>-1</sup> + TEA 0,1 mol<sup>-1</sup> + CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,3) cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> x 10 = mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> / mg dm<sup>-3</sup> = ppm / dag kg<sup>-1</sup> = %; CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; C.O. Carbono orgânico = Método Colorimétrico; Metodologias baseadas em EMBRAPA (2013). Análise Textural pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 1997). Profundidade de coleta de 0 – 20 cm. Textura LVd – argilosa; textura RQ – média, pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018).

Os solos corrigidos foram dispostos em vasos plásticos de volume igual a 16 dm<sup>3</sup>, onde posteriormente foi semeado milho (híbrido MG 618) cultivado pelo período de 60 dias. Os fertilizantes foram adicionados nos respectivos tratamentos seguindo a dose estipulada nas análises de solo (Tabela 2) para adubação de P dos dois tipos de solos nos respectivos tratamentos.

Quinze dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste das plantas (Figura 1.B), permanecendo apenas duas sementes por vaso. Aos 20 DAS aplicou-se uma suplementação de macro e micronutrientes (K, N, S, Zn, B, Cu e Mn), introduzidos a partir de fontes solúveis e sólidas nos vasos, na proporção de 100, 60; 60; 6,0; 2,2; 1,5; 2,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Tabela 2.** Doses de Adubo NPK estipuladas de um experimento com quatro fertilizantes fosfatados e dois solos em Uberlândia-MG, mar/2022.

Tratamentos	Dose	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
kg ha <sup>-1</sup>			
T1 – FOM Farelado 05-26-00 NPK	650	32,50	169
T2 – FOM Granulado 05-26-00 NPK	650	32,50	169
T3 – Kimberlit 11-52-00 NPK	325	35,75	169
T4 - Convencional 11-52- 00 NPK	325	35,75	169

## 2.2 Análise de Plantas e Solos

Aos 60 DAS foram realizadas as seguintes avaliações: altura de colmo (cm planta<sup>-1</sup>), medição da base até a bainha da última folha desenvolvida; diâmetro do colmo (mm planta<sup>-1</sup>), medição na base na planta da largura do colmo. Além disso, foi realizada a avaliação do índice SPAD, a qual foi fornecida pelo aparelho Fluorômetro de clorofila, modelo SPAD 502 Plus, medido na última folha completamente desenvolvida.

Após isso as plantas foram cortadas (folhas e colmos), acondicionadas em sacos de papel e determinadas massa fresca (MF) e massa seca (MS), obtida deixando as plantas em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C (até obtenção do peso constante, no prazo de 72 horas).

A digestão do material vegetal para determinação do P foliar foi realizada por via nitroperclórica. O P do solo foi determinado por colorimetria em espectrofotômetro UV/VIS após a extração pelo método Mehlich 1 (EMBRAPA, 2017). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos e Calcários (LABAS) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

### **2.3. Análise Estatística**

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste F com significância de 5%. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-knott a 5% de significância ( $\alpha=5\%$ ) pelo software ASSISTAT 7.7pt.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise de Variância

Os resultados da análise de variância (ANOVA) apresentados na Tabela 3 indicam que as variáveis estudadas foram significativas entre o fatorial e os adicionais. Especificamente, a altura das plantas, a MF e MS foram influenciadas pela interação entre os diferentes fertilizantes e tipos de solos, o que demonstra que a escolha do fertilizante e classe textural do solo pode impactar significativamente o crescimento e a produção da cultura do milho. No entanto, o diâmetro das plantas e o índice SPAD não apresentaram diferenças significativas nessa relação. Estes achados, destacam a importância de considerar cuidadosamente a seleção das fontes de nutrientes para cada tipo de solo, otimizando o desempenho da cultura.

**Tabela 3.** Quadrados Médios da Análise de Variância das variáveis altura de colmo (cm planta<sup>-1</sup>), diâmetro de planta (cm planta<sup>-1</sup>), Índice SPAD (%) e massa fresca e seca (MS e MF) em g planta<sup>-1</sup>, provenientes do experimento com quatro fertilizantes em dois tipos de solo na cultura do milho, Uberlândia- MG, junho/2022.

FV	GL	Altura	Diâmetro	QM		
				SPAD <sup>1</sup>	MF <sup>2</sup>	MS <sup>3</sup>
Fertilizantes(F)	3	20,81258 *	4,36939 <sup>NS</sup>	26,41402*	1787,1581*	103,38976*
Solos (S)	1	228,71258*	0,2153 <sup>NS</sup>	8,17090 <sup>NS</sup>	139,4032 <sup>NS</sup>	1,51380 <sup>NS</sup>
F*S	3	31,78758 *	5,76701 <sup>NS</sup>	9,26261 <sup>NS</sup>	1990,5561*	69,93646*
Blocos	3	8,91423	0,71466	6,33215	2835,8380	10,35758
Fat*ad1* ad2	1	5493,7502*	830,33100*	656,86973*	63899,638*	2118,7716*
Ad1*Ad2	1	8,00000 <sup>NS</sup>	0,64980 <sup>NS</sup>	0,08000 <sup>NS</sup>	1,75781*	0,08611 <sup>NS</sup>
Erro	27	6,15960	2,73700	7,47171	275,93084	7,00373
CV		8,61	13,21	7,57	20,54	17,82

\*Significativo a 5 % (p-valor) pelo teste de F <sup>NS</sup> Não significativo a 5 % (p-valor) pelo teste de F. <sup>1</sup>SPAD=Índice de clorofila. <sup>2</sup> MF = Massa Fresca (g planta<sup>-1</sup>).<sup>3</sup> MS = Massa Seca (g planta<sup>-1</sup>).

Na Tabela 4, os resultados indicam que tanto os tipos de fertilizantes quanto os tipos de solos têm efeitos significativos nas concentrações de P no solo e nas folhas. A interação entre fertilizantes e solos mostra significância para o P foliar, sugerindo uma dinâmica específica de absorção de nutrientes pelas folhas em função dessa combinação. Ademais, outras variáveis adicionais investigadas também demonstraram impacto significativo, destacando a complexidade das interações envolvidas na nutrição de plantas de milho com P. Estes resultados ressaltam a importância de considerar tanto a escolha do fertilizante quanto as características do solo na gestão agrícola para otimizar a absorção de fósforo pela cultura do milho (TABELA 4).

**Tabela 4.** Quadrados Médios da Análise de Variância das variáveis P do solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) e P foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ ) provenientes do experimento com quatro fertilizantes em dois tipos de solo na cultura do milho, Uberlândia- MG, junho/2022.

FV	GL	Quadrado Médio	
		P solo <sup>1</sup>	P foliar <sup>2</sup>
Fertilizantes(F)	3	7,09174 *	0,30687*
Solos (S)	1	129,53869*	3,46371*
F*S	3	2,73189 <sup>NS</sup>	0,06739*
Blocos	3	0,23517	0,00169
Fat*ad1* ad2	1	99,56840*	10,37546*
Ad1*Ad2	1	33,69236*	0,01471*
Erro	27	0,33163	7,47171
CV		8,86	7,36

\*Significativo a 5 % (p-valor) pelo teste de Scott knott <sup>NS</sup> Não significativo a 5 % (p-valor) pelo teste de Scott knott. <sup>1</sup>P solo = P Meelich 1 em  $\text{mg dm}^{-3}$  <sup>2</sup> P foliar = quantidade de P na parte aérea em  $\text{g kg}^{-1}$ .

### 3.2. Resposta das plantas aos tratamentos

Os dados apresentados na Tabela 5 destacam uma observação importante no LVd. Os tratamentos T3 (Kimberlit) e T4 (Convencional) mostraram-se notavelmente eficientes em promover incremento na altura de colmo, superando os tratamentos T1 e T2, que utilizaram FOM (fertilizante organomineral). Esta diferença de desempenho reforça os achados de Freitas

et al., (2021), que, em seu estudo sobre a cultura do milho, observaram uma eficiência superior de fontes convencionais e protegidas de fósforo em comparação ao uso de FOM, especialmente em solos argilosos. Essa tendência foi consistente em três diferentes estágios de desenvolvimento das plantas (30, 60 e 90 dias após a semeadura - DAS). Este padrão sugere que, em solos como o LVd, as propriedades físico-químicas podem favorecer a eficácia de certos tipos de fertilizantes no crescimento das plantas. Assim, a escolha de fertilizantes mais adequados, como evidenciado pelos tratamentos T3 e T4, pode ser crucial para otimizar o crescimento das plantas de milho, especialmente em condições de solo específicas.

**Tabela 5.** Altura de colmo aos 60 dias após semeadura (cm planta<sup>-1</sup>) em função da interação entre quatro fontes de fósforo e duas classes de solos, em Uberlândia-MG, Junho/2022.

Fertilizantes	Altura de colmo		Médias
	Latossolo Vermelho	Neossolo Quartzarênico	
	cm		
T1 – FOM <sup>2</sup> Farelado 05-26-00 NPK	33,64 bA	32,75 aA	33,19
T2 – FOM <sup>2</sup> Granulado 05-26-00 NPK	35,13 bA	31,63 aA	33,38
T3 – Kimberlit 11-52- 00 NPK	40,88 aA	30,88 aB	35,88
T4 - Convencional 11-52- 00 NPK	39,75 aA	32,75 aB	36,25
Médias	37,35	32,00	

C.V (%) = 8,51

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas (maiúsculas) e nas linhas (minúsculas) diferem entre si pelo teste de Scott-knott ( $\alpha=5\%$ ). <sup>2</sup> FOM = Fertilizante Organomineral.

A menor eficiência dos FOM em LVd podem ser explicadas por algumas hipóteses, como segue: i. Solos argilosos têm alta capacidade de retenção de nutrientes devido à sua textura fina e maior área superficial, o que é ainda mais expressivo quando há óxidos e hidróxidos de Fe e Al na fração argila. Isso pode afetar a disponibilidade de nutrientes provenientes de adubos organominerais para as plantas, pois os nutrientes podem ficar mais fortemente retidos nas argilas e, portanto, menos disponíveis para absorção pelas raízes; ii. Adubos organominerais liberam nutrientes através da mineralização, um processo que pode ser mais lento em solos argilosos devido a condições de aeração reduzida e menor atividade

microbiana; iii. As reações químicas entre os nutrientes do adubo organomineral e os minerais presentes no solo argiloso podem levar à formação de compostos insolúveis ou fixação de nutrientes, reduzindo sua disponibilidade para as plantas; iv. A presença de argilas oxídicas prejudicou a velocidade de liberação do P contido na fração orgânica desse fertilizante, resultando em impactos negativos na altura das plantas (SANTOS et al., 2018; DIAS et al., 2020).

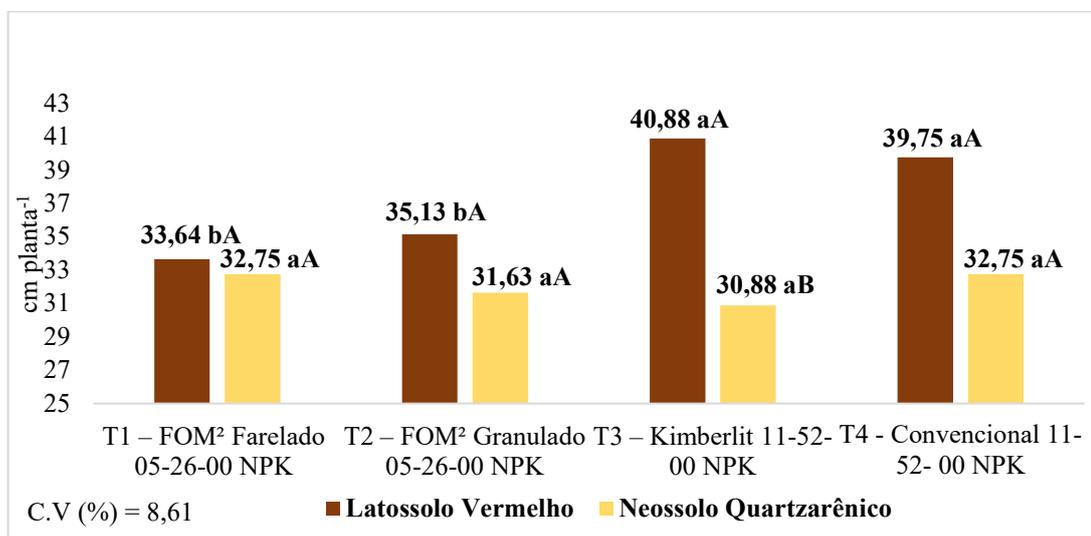
Portanto, a hipótese mais provável é que uma combinação desses fatores - retenção de nutrientes, taxas de mineralização, dinâmica da água, biodisponibilidade de nutrientes e reações químicas no solo - contribuiu para o desempenho inferior do adubo organomineral em Latossolos.

No que diz respeito ao solo de textura média, para a variável altura de colmo (conforme apresentado na Tabela 5), todos os tratamentos revelaram-se estatisticamente equivalentes, corroborando com os achados de Sousa et al. (2020) e Souza (2021) em estudos relacionados à cultura do milho, realizados em períodos de avaliação semelhantes.

É importante destacar que, nos estudos comparativos entre diferentes tipos de solos, observou-se que fertilizantes sem componentes orgânicos (T3 e T4) tiveram um desempenho mais eficiente em solos com alto teor de argila (Figura 2). Esta observação é consistente com a literatura que indica variações significativas na eficácia da adubação fosfatada dependendo da classe de solo (GONÇALVES; MEUE, 2010). Em Latossolos, caracterizados por um maior teor de argila, o P geralmente se mostra mais disponível nas camadas superficiais, particularmente entre 0 e 20 cm de profundidade, devido à maior retenção e menor lixiviação desses nutrientes (KER et al., 1996; MOTA et al., 2018). Por outro lado, em solos de textura média e com menor capacidade de retenção de nutrientes, a distribuição do P no perfil tende a ser mais heterogênea, ocorrendo em diferentes camadas e com uma disponibilidade mais uniforme ao longo do perfil, devido à sua maior permeabilidade e menor capacidade de fixação (MOTA et al., 2018). Nesse sentido, como mostrado na Figura 2, as fontes de P no RQ, apresentaram-se estatisticamente iguais. Portanto, a eficácia dos fertilizantes pode variar significativamente entre solos argilosos e mais arenosos, influenciando a escolha de estratégias de adubação adequadas para cada classe textural.

Essa variação na distribuição do P nos diferentes solos pode influenciar significativamente na eficácia dos fertilizantes, especialmente em vasos de pouca profundidade. Essa diferenciação nos padrões de disponibilidade de nutrientes destaca a importância de considerar as características específicas de cada classe de solo ao planejar estratégias de

adubação fosfatada, visando otimizar a eficiência do fertilizante em diferentes condições edafoclimáticas.



**Figura 2.** Altura de Colmo aos 60 dias após semeadura (cm planta<sup>-1</sup>), em resposta à interação entre quatro fontes de fósforo e duas classes de solos.

<sup>1</sup> Médias distintas por letras distintas entre solos (maiúsculas) e entre fertilizantes (minúsculas) pelo teste de Scott-knott ( $\alpha=5\%$ ). <sup>2</sup> FOM = Fertilizante Organomineral.

Observa-se que o diâmetro das plantas não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, alinhando-se com os resultados encontrados por Freitas et al., (2021), que compararam fontes convencionais com FOM na cultura do milho em solo argiloso, e não observaram diferenças estatisticamente significativas nessa variável (Tabela 6).

**Tabela 6.** Diâmetro de plantas aos 60 dias após semeadura (mm planta<sup>-1</sup>), em resposta à interação entre quatro fontes de fósforo e duas classes de solos, em Uberlândia-MG, Junho/2022..

Fertilizantes	Solos		Médias
	LVd	RQ	
T1 – FOM <sup>1</sup> Farelado 05-26-00 NPK	13,68	15,31	14,50
T2 – FOM <sup>1</sup> Granulado 05-26-00 NPK	13,23	14,64	13,94
T3 – Kimberlit 11-52- 00 NPK	16,36	14,89	15,63
T4 - Convencional 11-52- 00 NPK	15,83	14,46	15,15
Médias	14,78	14,82	

---

C.V (%) = 13,21

---

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas (maiúsculas) e nas linhas (minúsculas) diferem entre si pelo teste de Scott-knott ( $\alpha=5\%$ ). <sup>2</sup> FOM = Fertilizante Organomineral; LVd – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; RQ – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

Com relação ao Índice SPAD (Tabela 7), observou-se que os tratamentos T1 (FOM Farelado), T3 (Kimberlit) e T4 (Convencional) apresentaram uma eficiência superior em comparação ao T2 (FOM Granulado), observados pelas diferenças nas interações entre fertilizantes que foi a única significativa nessa variável. Esses resultados ecoam achados semelhantes aos de Souza (2021) na cultura do milho aos 53 DAS, sugerindo que o desempenho inferior do FOM granulado pode ser atribuído a possíveis desequilíbrios nutricionais na planta ou na fonte de P. Este fenômeno pode ser decorrente da complexidade e mobilização de vários nutrientes necessários para a formação da clorofila. Esses fatores podem ter contribuído para uma menor eficiência na absorção de nutrientes e, conseqüentemente, para a redução do Índice SPAD.

**Tabela 7.** Índice SPAD aos 60 dias após semeadura (unidades SPAD), em resposta à interação entre quatro fontes de fósforo e duas classes de solos, em Uberlândia-MG, junho/2022

Fertilizantes	Solos		Médias
	LVd	RQ	
T1 – FOM <sup>2</sup> Farelado 05-26-00 NPK	39,12	37,69	38,41 a
T2 – FOM <sup>2</sup> Granulado 05-26-00 NPK	35,28	35,73	35,51 b
T3 – Kimberlit 11-52- 00 NPK	37,33	41,09	39,21 a
T4 - Convencional 11-52- 00 NPK	38,83	40,09	39,46 a
Médias	37,64	38,65	

---

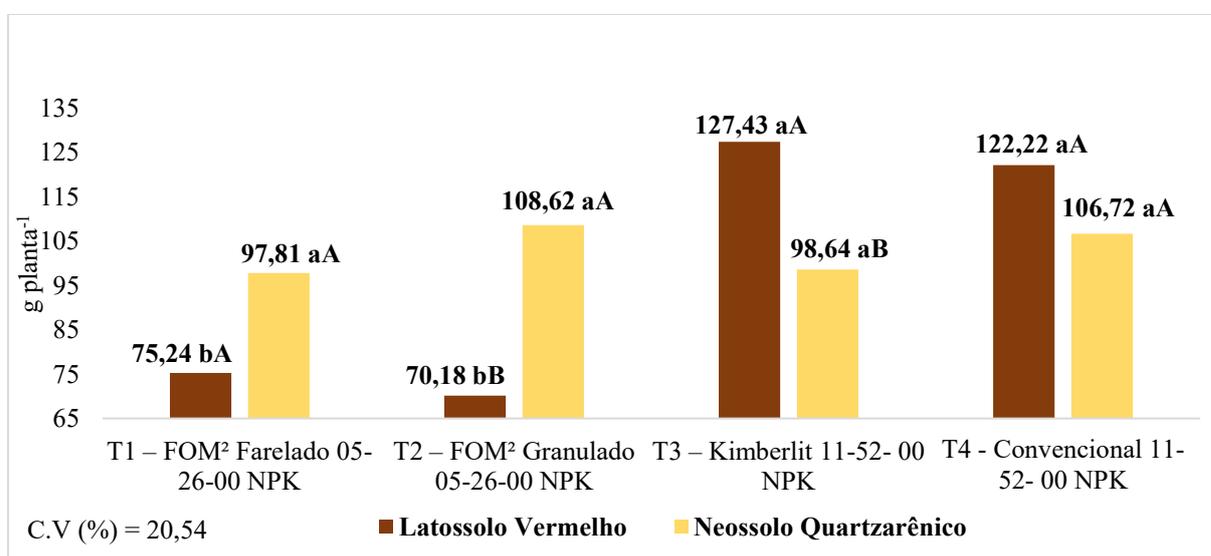
C.V (%) = 7,57

---

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas (maiúsculas) e nas linhas (minúsculas) diferem entre si pelo teste de Scott-knott ( $\alpha=5\%$ ). <sup>2</sup> FOM = Fertilizante Organomineral; LVd – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; RQ – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

Os resultados evidenciados na Figura 3 indicam uma tendência importante em relação à eficácia dos fertilizantes convencionais (T3 e T4) no Latossolo, onde se observou um aumento significativo na produção de matéria vegetal fresca. Essa maior eficiência pode ser atribuída às características intrínsecas dos solos argilosos, que possuem maior capacidade de retenção de nutrientes e uma estrutura que pode favorecer a liberação gradual dos elementos fornecidos

pelos fertilizantes convencionais. Esta observação está alinhada com os achados de Freitas et al., (2018), reforçando a consistência desses resultados em diferentes estudos e contextos agrícolas. Por outro lado, a análise dos resultados em solos de textura média revela um padrão diferente. Nestes, a eficiência dos diversos tipos de fertilizantes se mostrou estatisticamente similar, um fenômeno que pode ser explicado pela menor retenção e pela rápida drenagem de nutrientes em solos menos argilosos, o que resulta em uma menor diferenciação na eficácia dos fertilizantes. Esta tendência é corroborada pelos estudos de Souza (2021), indicando uma resposta mais uniforme das plantas de milho à adubação em solos arenosos ou de textura média, mesmo variando as fontes de P.

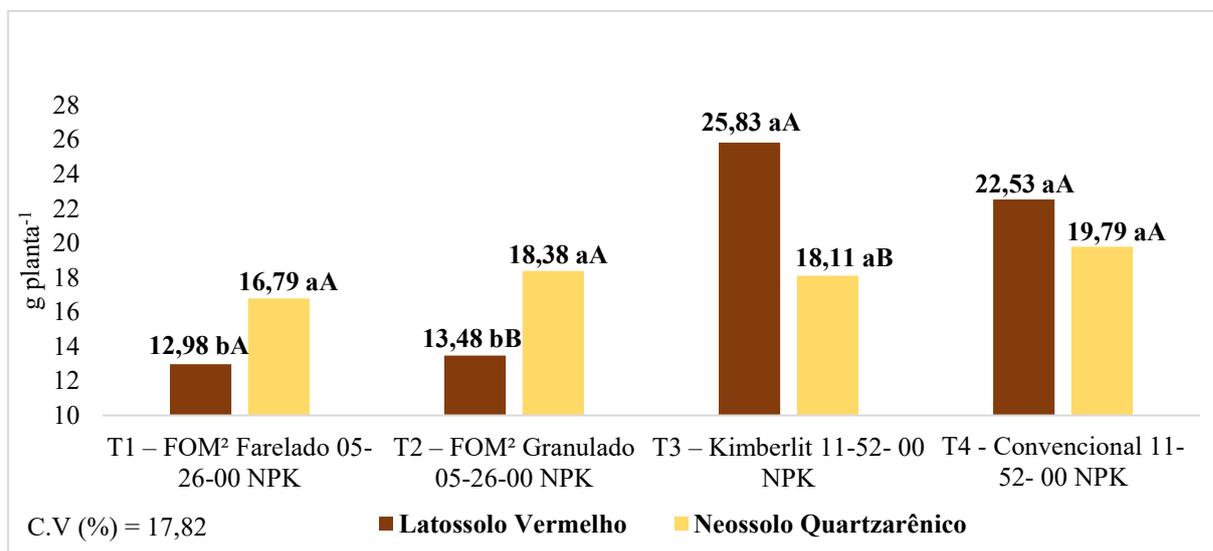


**Figura 3.** Avaliação da Interação entre Fertilizantes e Solos sobre a Massa Fresca de Plantas aos 60 dias após semeadura (g planta<sup>-1</sup>) em Uberlândia-MG, junho/2022.

<sup>1</sup> Médias distintas por letras distintas entre solos (maiúsculas) e entre fertilizantes (minúsculas) pelo teste de Scott-knott ( $\alpha=5\%$ ). <sup>2</sup> FOM = Fertilizante Organomineral.

Interessante notar que, em solos argilosos, a distinção na eficiência entre fertilizantes com e sem componentes orgânicos destaca a interação complexa entre as características do solo e a dinâmica de nutrientes. Isto sugere que, em Latossolos, as características físicas e químicas têm uma influência significativa na disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, na resposta das plantas á adubação. Além disso, a comparação dos resultados de matéria fresca (Figura 3) com os de massa seca (Figura 4) mostra uma similaridade notável, reforçando a consistência dos achados com as pesquisas de Freitas et al., (2021) e Souza (2021). Essa congruência entre diferentes medidas de crescimento vegetal enfatiza a relevância de considerar

as propriedades específicas do solo na escolha e no manejo de fertilizantes para otimizar a produção agrícola.



**Figura 4.** Avaliação da Interação entre Fertilizantes e Solos sobre a Massa Seca de Plantas aos 60 dias após semeadura (g planta<sup>-1</sup>) em Uberlândia-MG, junho/2022.

<sup>1</sup> Médias distintas por letras distintas entre solos (maiúsculas) e entre fertilizantes (minúsculas) pelo teste de Scott-knott ( $\alpha=5\%$ ). <sup>2</sup> FOM = Fertilizante Organomineral.

### 3.3. Disponibilidade de fósforo nos solos em função dos tratamentos

Os fertilizantes Kimberlit (T3) e Convencional (T4) foram mais eficazes na disponibilização de P em ambos os tipos de solo. Além disso, os teores de P disponível no RQ foram superiores em relação ao LVd (Tabela 8). Como já discutido anteriormente, as interações do nutriente com os minerais da fração argila são mais complexas, especialmente quando são consideradas as perdas por fixação, que ocorre devido às ligações de esfera interna do P com a superfície reativa das argilas oxídicas.

**Tabela 8.** P no solo aos 60 dias após semeadura ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), em resposta à quatro fontes do nutriente e duas classes de solos, em Uberlândia-MG, junho/2022.

Fertilizantes	Fósforo disponível nos Solos		
	Latossolo	Neossolo	Médias
	Vermelho	Quartzarênico	
$\text{mg. dm}^{-3}$			
T1 – FOM <sup>2</sup> Farelado 05-26-00 NPK	4,71	9,50	7,10 b
T2 – FOM <sup>2</sup> Granulado 05-26-00 NPK	4,62	8,62	6,62 b
T3 – Kimberlit 11-52- 00 NPK	5,99	9,15	7,57 a
T4 - Convencional 11-52- 00 NPK	5,79	9,95	7,86 a
Médias	5,28 B	9,30 A	
C.V (%) = 8,86			

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas (maiúsculas) e nas linhas (minúsculas) diferem entre si pelo teste de Scott-knott ( $\alpha=5\%$ ). <sup>2</sup> FOM = Fertilizante Organomineral.

Destaca-se que os resultados no RQ foram mais significativos em comparação ao observado no LVD, evidenciando uma maior eficácia em termos de rendimento com a aplicação de todos os tipos de adubos. Independentemente do tipo de solo, as fontes convencionais de P foram superiores aos FOM (Tabela 9). É digno de nota o desempenho notável do MAP convencional no RQ, revelando-se como o adubo mais eficiente entre todas as formulações testadas nesse tipo de solo, cuja textura é mais arenosa.

Esses resultados estão de acordo com as conclusões de Lana et al., (2014), que investigaram a cultura do milho em dois tipos de solo (arenoso e argiloso). O estudo anterior também constatou que as fontes de adubação química exibiram maior eficiência quando comparadas às fontes organominerais. Além disso, os fertilizantes contendo P apresentaram médias mais elevadas em solos arenosos (Lana et al., 2014). No entanto, é importante notar que os resultados deste estudo diferem da pesquisa conduzida por Pereira et al., (2020), na qual as fontes organominerais demonstraram eficiência semelhante às fontes convencionais no teor de fósforo no solo.

Machado et al., (2011) conduziram uma pesquisa sobre a disponibilização de P através da utilização de MAP sem revestimento, com revestimento e FOM na cultura do milho e constataram que a disponibilidade desse nutriente variou consideravelmente em decorrência das distintas texturas do solo.

Conforme destacado por Novais e Smyth (1999), devido à elevada capacidade de retenção de P nos solos de textura argilosa e média, quaisquer modificações significativas na concentração de P na solução do solo só podem ser alcançadas mediante a aplicação de doses consideravelmente elevadas desse nutriente, as quais, por sua vez, podem deixar de ser economicamente viáveis. Esse fenômeno é atribuído ao processo acentuado de adsorção que ocorre nessas texturas de solo.

Conforme apontado por Machado e Souza (2012), é comum observar uma resposta mais significativa do fósforo (P) em solos arenosos, atribuída à menor capacidade de adsorção desse nutriente por parte dos colóides.

**Tabela 9.** P foliar aos 60 dias após semeadura ( $\text{g kg}^{-1}$ ), em resposta à interação entre quatro fontes do nutriente e duas classes de solos, em Uberlândia-MG, junho/2022

Fertilizantes	Fósforo Foliar		Médias
	LVd	RQ	
	$\text{g.kg}^{-1}$		
T1 – FOM <sup>2</sup> Farelado 05-26-00 NPK	1,62 bB	2,23 cA	1,92
T2 – FOM <sup>2</sup> Granulado 05-26-00 NPK	1,67 bB	2,12 cA	1,90
T3 – Kimberlit 11-52- 00 NPK	1,78 aB	2,48 bA	2,13
T4 - Convencional 11-52- 00 NPK	1,87 aB	2,75 aA	2,31
Médias	1,74	2,40	

C.V (%) = 7,36

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas (maiúsculas) e nas linhas (minúsculas) diferem entre si pelo teste de Scott-knott ( $\alpha=5\%$ ). <sup>2</sup> FOM = Fertilizante Organomineral; LVd – LATOSSOLO VERMELHO; RQ – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

### 3.5 Análise da Testemunha adicional

Os dados evidenciam que a interação entre solos e fertilizantes, representando o fatorial do experimento, apresentam resultados superiores em relação aos tratamentos adicionais sem adubação (0%), destacando assim a influência positiva do uso de fertilizantes em todas as variáveis (Tabela 10).

**Tabela 10.** Valores médios da relação entre fatorial e testemunha adicional de diâmetro do colmo, altura das plantas, SPAD, massa fresca, massa seca, P no solo e P foliar aos 60 dias após semeadura provenientes do experimento com quatro fertilizantes em dois tipos de solo na cultura de milho, em Uberlândia-MG, junho/2022.

Fertilizantes	Solos	Diâmetro <sup>1</sup>	Altura <sup>3</sup>	SPAD <sup>4</sup>	MF <sup>5</sup>	MS <sup>6</sup>	Psolo <sup>7</sup>	Pfoliar <sup>8</sup>
		mm	cm		g.planta <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>	
FOM <sup>2</sup> Farelado	Latossolo	13,68 a	33,64 a	39,12 a	75,24 a	12,98 a	4,71 a	1,62 a
FOM <sup>2</sup> Granulado	Latossolo	13,23 a	32,75 a	35,28 a	70,18 a	13,48 a	4,62 a	1,67 a
Kimberlit	Latossolo	16,35 a	31,63 a	37,33 a	127,43 a	25,83 a	5,99 a	1,78 a
Convencional	Latossolo	15,82 a	40,88 a	38,83 a	122,22 a	22,53 a	5,79 a	1,87 a
FOM <sup>8</sup> Farelado	Neossolo	15,31 a	32,75 a	37,69 a	97,81 a	16,79 a	9,50 a	2,23 a
FOM <sup>8</sup> Granulado	Neossolo	14,64 a	31,63 a	35,73 a	108,61 a	18,38 a	8,62 a	2,12 a
Kimberlit	Neossolo	14,89 a	30,88 a	41,09 a	98,64 a	18,11 a	9,14 a	2,48 a
Convencional	Neossolo	14,46 a	32,75 a	40,09 a	106,71 a	19,79 a	9,94 a	2,75 a
Adicional 1 (Latossolo) 0%	Latossolo	3,13 b	6,38 b	27,92 b	1,40 b	0,40 b	1,29 c	0,84 b
Adicional 2 (Neossolo) 0%	Neossolo	3,69 b	4,38 b	28,12 b	0,47 c	0,19 b	5,40 b	0,75 b
CV (%)		8,61	13,21	7,57	20,54	17,82	8,86	7,36

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Skott-knott ( $\alpha=5\%$ ).<sup>1</sup> Diâmetro de Plantas em mm planta<sup>-1</sup> <sup>3</sup>Altura de plantas em cm planta<sup>-1</sup>. <sup>2</sup> FOM= Fertilizante Organomineral. <sup>3</sup> Diâmetro de Plantas em mm planta<sup>-1</sup> <sup>4</sup>SPAD=Índice de clorofila. <sup>5</sup> MF = Massa Fresca em g planta<sup>-1</sup>. <sup>6</sup> MS = Massa Seca em g planta<sup>-1</sup>. <sup>7</sup> P solo= P Meelich ou P disponível no solo em mg dm<sup>-3</sup>. <sup>8</sup> P foliar = P presente na parte aérea da planta em g kg<sup>-1</sup>.

#### 4 CONCLUSÃO

Observou-se um incremento significativo em todos os aspectos morfofisiológicos das plantas de milho, independentemente do tipo de fertilizante utilizado.

No Latossolo, os tratamentos com MAP convencional (T4) e MAP revestido com polímero Kimberlit (T3), apresentaram maior eficiência nas variáveis altura de colmo, massa fresca (MF), massa seca (MS), P no solo e P foliar. Assim como, esse solo apresentou as melhores médias para altura de colmo, massa fresca (MF), massa seca (MS).

Por outro lado, no Neossolo Quartzarênico, todos os fertilizantes demonstraram eficiência semelhante nas variáveis altura de colmo, massa fresca (MF), massa seca (MS). Porém, na variável P foliar o tratamento T4 (MAP Convencional) mostrou maior acúmulo do nutriente em folha assim como o P no P do solo.

Vale destacar, que o MAP convencional apresentou melhor eficiência nas variáveis estudadas nos dois solos.

Em ambos os solos as médias das variáveis com relação às plantas avaliadas foram mais elevadas no Latossolo. Já no Neosolo, as variáveis de análises de P no solo e P foliar apresentaram maiores respostas à adubação.

## REFERÊNCIAS

- ABISOLO – Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal. **9º Anuário Brasileiro de Tecnologia em Nutrição Vegetal**: 2023. Campinas, SP, 2023. Disponível em: <https://www.abisolo.com.br/anuario/>.
- AKANDE, M.; OLUWATOYINBO, F.; MAKINDE, E.; ADEPOJU, A. (2010). **Response of Okra to Organic and Inorganic Fertilization**. v.8, n.11. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/266266881>>. Acesso em 25 ag. 2021.
- BATISTA, M.A.; INOUE, T.T.; ESPER NETO, M.; MUNIZ, A.S. **Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral**. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 113-162. ISBN: 978-65-86383-01-0. <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0006>.
- BENITES, V. DE M.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C.; Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. In: **Fertbio**, 2010. Anais...Guarapari. 4p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa n. 23, de 31 de Agosto de 2005**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=76409#:~:text=Aprova%20as%20DEFINI%20C3%87%20C3%95ES%20E%20NORMAS,E%20BIOFERTILIZANTES%20DESTINADOS%20C3%80%20AGRICULTURA>. Acesso em: 10 de jun. de 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020**. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. Brasília, DF: Instrução Normativa SDA/MAPA 61/2020.
- CABRAL, B.V; CARMO, T. S.; FALLEIRO, L. N. S. S., ANJOS, L. R. , CARDOSO V..L. RIBEIRO, E. J. Influência da Concentração de Rocha Fosfática e Inóculo na Biossolubilização de Fosfato. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, 20, 2014, Florianópolis.
- CAIXETA, Y. L. **Eficiência de fertilizantes organominerais no cultivo do feijoeiro**. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 2022.
- CHÁVEZ, P. C.; GARRIGA, I. C.; DE VARONA PÉREZ, R.; VILA, L. F. Fertilización organomineral en el manejo sostenible de tierras cultivadas con maíz (*Zea mays* L.). **Revista Científica Agroecosistemas**, v.7, p.116-122, 2019.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileiro – grãos**: Vigésimo levantamento, junho 2023 – safra 2022/2023. : Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2023.
- COELHO A. M.; ALVES V. M. C. Adubação Fosfatada na Cultura do Milho. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. P. 243-283.
- COSCIONE, A. R.; SILVA, L. F. M; DE MARIA, I. C.; DE ANDRADE, C. A.; FERRACINI, V. L. Solução do Solo e Análise de Componentes Principais para Monitoramento da Aplicação

de Lodo de Esgoto. Uso e Manejo do Solo, **Rev. Bras. Ciênc. Solo** 38 (5), Out 2014  
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500030>.

DIAS, J. C. **Raízes da Fertilidade**. São Paulo: Calandra Editorial, 2005. 128p.

Dias, R. D. C., Castro, T. V. T., Gonçalves, R. D. M., Polidoro, J. C., Zonta, E., Pereira, M. G., & Teixeira, P. (2020). Acúmulo de biomassa e potássio em gramíneas em função da fonte fertilizante e do solo. **Brazilian Journal of Development**, 6(6), 33506-33518. 10.34117/bjdv6n6-053.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de Análise de Solos**. 3.ed. revista e ampliada, Brasília, DF, 2017. 574p.

EMBRAPA (2006). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**. SPI, EMBRAPA, 306p. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>. Acesso: 30 nov 2023.

FERREIRA, N. R. **Eficiência agrônômica de fertilizantes organominerais sólidos e fluidos em relação à disponibilidade de fósforo**. 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

FREITAS, T. S. **Benefícios do organomineral de cama de frango em atributos físicos do solo em pastagens tropicais**. 48 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal e Forragicultura) - Câmpus Oeste, Universidade Estadual de Goiás, São Luís de Montes Belos, GO, 2018.

FREITAS, J. M., VAZ, M. C., DUTRA, G. A., DE SOUZA, J. L., REZENDE, C. F. A. Resposta da produtividade do milho à adubação mineral e organomineral. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, 2021.

GOEDERT, W.J.; LOBATO, E.; LOURENÇO, S. Nutrient use efficiency in brasilian acid soils: Nutrient management and plant efficiency. In: MONIZ, A.C.; FULANI, A.M.C.; SCHAFFERT, R.E.; FAGERIA, N.K.; ROSOLEM, C.A.; CANTARELLA; H. **Plant-soil interactions at low pH: Sustainable agriculture and forestry production**. Brasília: SBCS, 1997. p.97-104.

GLOAGUEN, T. V.; PEREIRA, F. A. C.; GONÇALVES, R. A. B.; PAZ, V. S. Sistema de extração sequencial da solução na macro e microporosidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.544-550, 2009a.

KER, J. C.; FONTES, M. P. F.; SOUZA, A. R.; RESENDE, M. Adsorção de fósforo em alguns solos latossólicos: relação entre mineralogia e efeito da calagem. **Revista Ceres**, Viçosa, v.43, n.246, p.216- 226, 1996.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais**. 2. ed. Piracicaba, Degaspari, 2008. 160 p.

LADEIRA, D. DE A.; SANTOS, F. C. DOS; PAIVA, C. A. DE O; REIS, D. P. DOS; Produção e acúmulo de fósforo em milheto em resposta ao manejo da adubação fosfatada associada com bactérias solubilizadoras. **XVIII Seminário de Iniciação Científica PIBIC/CNPQ** (2020).

LANA, M. C.; RAMPIM, L.; VARGAS, G. Adubação fosfatada no milho com fertilizante organomineral em latossolo vermelho eutroférico. **Global Science Technology**, v. 07, n.1, p.26-36, 2014

LUZ, J. M. Q.; OLIVEIRA, G.; QUEIROZ, A. A.; CARREON, R. Aplicação foliar de fertilizantes organominerais em cultura de alface. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.373-377, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300023>. Acesso em: 16 ag. 2021.

MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E. Disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico de liberação lenta. **Bioscience Journal**, v. 28, p.1-7, 2012.

MACHADO, V.J.; SOUZA, C.H.E.; ANDRADE, B.B.; LANA, R.M.Q.; KORNDORFER, G.H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Bioscience Journal**, v. 27, p. 70 – 76, 2011.

MAGELA, M. L. M.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; MIRANDA, M. C. C.; 2019. Application of organomineral fertilizers sourced from filter cake and sewage sludge can affect nutrients and heavy metals in soil during early development of maize. **Australian Journal of Crop Science**, 13:863-873.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Fertilizantes organominerais e Políticas Públicas para o setor (2017)**. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 16 ag. 2021.

MARANHO, J. M. **EFICIÊNCIA DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MILHO E FEIJÃO**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 2018.

MARQUES, J. D. DE O.; LUIZÃO, F. J.; TEIXEIRA, W. G.; FERREIRA, S. J. Variações do carbono orgânico dissolvido e de atributos físicos do solo sob diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.611-622, 2012.

MARTINS, A.P.L.; REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos **Scientia Agraria**, v.8, n.1, p.1-17, 2007.

MARTINS, E. de S.; de OLIVEIRA, C. G.; de RESENDE, A. V.; de MATOS, M. S. F.; **Agrominerais – Rochas Silicáticas como Fontes Minerais Alternativas de Potássio para a Agricultura**. Rochas e Minerais Industriais – CETEM/2008, 2a Edição, cp. 9, p. 207-221. Disponível em:<http://mineralis.cetem.gov.br:8080/bitstream/cetem/1098/1/09.%20MRI%20%20P%C3%B3%20de%20Rochas.pdf>. Acesso em: 16 ag. 2021.

MOREIRA, J. G. **Solubilidade de Fertilizantes organominerais peletizados a base de biossólido e torta filtro**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.85>>. Acesso 16 ag. 2021.

MOTA, R. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; ALMEIDA, R. F.; MORAES, E. R. Bio solid and sugarcane filter cake in the composition of organomineral fertilizer on soybean responses. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 7, p. 1-7, 2018.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federa de Viçosa, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, F. DE A.; MEDEIROS, J. F. DE; DUARTE, S. N.; SILVA JÚNIOR, M. J. DA.; CAMPELO, C. M. **Calibração de extratores providos de cápsula porosa para monitoramento da salinidade e da concentração de íons**. Engenharia Agrícola, v.31, p.520-528, 2011.

OLIVEIRA; A. M. G.; AQUINO; A. M.; NETO; M. T. C.; **Compostagem Caseira de Lixo Orgânico Doméstico. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.** Bahia, dezembro 2005.

OMAR, S.A. The role of rock-phosphate-solubilizing fungi and vesicular-arbuscular-mycorrhiza (VAM) in growth of wheat plants fertilized with rock phosphate. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Dordrecht, v. 14, n. 2, p. 211-218,. 1998.

PELÁ, A. **Efeito de Adubos Orgânicos Provenientes de Dejetos de Bovinos Confinados nos Atributos Físicos e Químicos do Solo e na Produtividade do Milho.** (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/9997>>. Acesso em: 16 ag. 2021.

Pereira, B. D. O. H., Diniz, D. A., & Rezende, C. F. A. (2020) Adubação organomineral e mineral no desempenho agrônômico do milho e alterações químicas do solo. **Brazilian Journal of Development**, 6(8), 58694-58706.

Santos, HG, Jacomine, PKT, Anjos, LHC, Oliveira, VA, Lumberras, JF, Coelho, MR, et al. (2018). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** (Rio de Janeiro: Embrapa Solos)

SILVA FILHO, G.N. **Solubilização de fosfatos pela microbiota do solo.** 1998. 140f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1998.

SILVA, R. C. D. **Fertilização Organomineral no milho em condições de Cerrado.** 2020. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

SOUCHIE, E.L.; SAGGIN-JUNIOR, O.J.; SILVA, E.M.K.; CAMPELLO, E.F.C. AZCÓN, R.; BAREA, J.M. Communities of P-solubilizing bacteria, fungi and arbuscularmycorrhizal fungi in grass pasture and secondary forest of Paraty, RJ-Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências.** Rio de Janeiro, v. 78, p. 183-193, 2006

SOUSA R. T. X.; HENRIQUE H. M.; KORNDÖRFER G. H. **Teste de performance em híbridos de Milho com uso de Geofert em Santana de Vargem - MG.** Empresa Geociclo, Minas Gerais. 10p, 2012.

Sousa, G. G. de; Mendonça, A. de M.; Sales, J. R. da S.; Silva Júnior, F. B. da; Moraes, J. G. L.; Souza, J. T. M. de. Morphophysiological characteristics of okra plants submitted to saline stress in soil with organic fertilizer. **Comunicata Scientiae**, v.11, p.1-8, 2020. <https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.3241>

SOUZA, E. R. DE; MELO, H. F. DE; ALMEIDA, B. G. DE; MELO, D. V. M. DE; Comparação de métodos de extração da solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.17, n.5, p.510–517, 2013 Campina Grande, PB, UAEEA/UFCG. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v17n05/v17n05a07.pdf>>. Acesso em: 26 ag. 2021.

SOUZA, D. J. G. de. **O uso de fertilizantes organominerais para o desenvolvimento inicial do milho.** 2021. 28 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

TEIXEIRA, W. G. **Phosphorus and potassium bioavailability from an organomineral fertilizer.** 2013. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de

Uberlândia, Uberlândia, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/12176>>. Acesso em: 25 ag. 2021.

TORRES, M. **Resíduos orgânicos enriquecidos com minerais geram adubos de qualidade.** Embrapa Milho e Sorgo. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18645394/residuos-organicos-enriquecidos-com-minerais-geram-adubos-de-qualidade>>. Acesso em 26 ag. 2021.

VIEIRA, D. M.; CAMARGO, R.; TORRES, J. L.; SILVA, A.; LANA, R.; CARVALHO, F. 2020. Growing vegetables in succession in different soils and doses of phosphorus in an organomineral fertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** 24. 806-813. 10.1590/1807-1929/agriambi.v24n12p806-813.

VIEIRA, D. M.; CAMARGO, R.; TORRES, J. L.; SILVA, A.; LANA, R.; CARVALHO, F. 2020. Growing vegetables in succession in different soils and doses of phosphorus in an organomineral fertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** 24. 806-813. 10.1590/1807-1929/agriambi.v24n12p806-813.

VIEIRA, R. M. G; FARIA, G. P. T. ; PELIZARO, G. B. ; FRANCO, M. H. R. ; CAMARGO, R. ; BATISTA, A. H. AVALIAÇÃO DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS COMO FONTE DE FÓSFORO PARA AS PLANTAS. In: **CISAGRO 2021** - Uberlândia-MG, 2021. Disponível em: <<https://www.doity.com.br/anais/cisagro2021/trabalho/227176>>. Acesso em: 10 ag.2023.