

Disponibilidade de fósforo no solo em semanas sob diferentes fontes

Availability of phosphorus in the soil in weeks under diferente sources

Disponibilidad de fósforo en el suelo en semanas bajo diferentes fuentes

Recebido: 06/10/2024 | Revisado: 14/10/2024 | Aceitado: 15/10/2024 | Publicado: 20/10/2024

Kleso Silva Franco Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6807-8889>
Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado, Brasil
E-mail: klesojr@gmail.com

Márcio de Souza Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8367-1341>
Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, Brasil
E-mail: marciodesouzadias2013@gmail.com

Vinícius Muniz Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8699-9075>
Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado, Brasil
E-mail: vmr20@outlook.com

Resumo

Objetivou-se com este trabalho avaliar a disponibilidade de fósforo no milho ao longo de 8 semanas na camada de 10-20 cm do solo. O experimento foi conduzido em uma propriedade rural em Paraguaçu/MG, onde o solo foi preparado e a semeadura do milho (Híbrido Brevant B2401PWU) realizada em 02/03/2024, com aplicação de três diferentes fontes de fósforo: Fosbio®BR24, Fosfato natural, e Mono Amônio Fosfato (MAP), além de dois controles (com e sem milho). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições e arranjo fatorial 3x2. As análises de solo ocorreram semanalmente, com 10 subamostras por parcela. A presença de milho teve um impacto variável na disponibilidade de P, dependendo da fonte utilizada. Fosfato natural foi mais afetado pela presença do milho, enquanto Fosbio®BR e MAP mantiveram os níveis de P mais constantes. Fosbio®BR e MAP foram eficazes na manutenção da disponibilidade de P, independentemente da presença de milho, indicando que são fontes confiáveis de P para o solo. Por outro lado, o fosfato natural, foi mais sensível às condições do solo e à presença de milho. As flutuações na disponibilidade de P sugerem que a dinâmica de liberação de fósforo é influenciada por vários fatores, o tipo de fertilizante, a presença de culturas e possivelmente outras condições ambientais, sendo importante considerar a interação entre a fonte de fósforo e o cultivo ao planejar a adubação do solo, pois a escolha adequada do fertilizante pode influenciar significativamente a disponibilidade de nutrientes essenciais, como o fósforo, ao longo do tempo.

Palavras-chave: Disponibilidade de nutrientes; Fertilizantes fosfatados; Nutrição vegetal; Rochagem.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the availability of phosphorus for corn over 8 weeks in the 10-20 cm layer of soil. The experiment was conducted on a rural property in Paraguaçu/MG, where the soil was prepared and corn (Híbrido Brevant B2401PWU) was sown on 03/02/2024, with the application of three different sources of phosphorus: Fosbio®BR24, Fosfato natural, and Mono Ammonium Phosphate (MAP), in addition to two controls (with and without corn). The experimental design was in randomized blocks with four replications and a 3x2 factorial arrangement. Soil analyzes occurred weekly, with 10 subsamples per plot. The presence of corn had a variable impact on P availability, depending on the source used. Fosfato natural was more affected by the presence of corn, while Fosbio®BR and MAP maintained more constant P levels. Fosbio®BR and MAP were effective in maintaining P availability, regardless of the presence of corn, indicating that they are reliable sources of P for the soil. On the other hand, Fosfato natural was more sensitive to soil conditions and the presence of corn. Fluctuations in P availability suggest that the dynamics of phosphorus release are influenced by several factors, such as the type of fertilizer, the presence of crops and possibly other environmental conditions, and it is important to consider the interaction between the phosphorus source and the crop at hand. plan soil fertilization, as the appropriate choice of fertilizer can significantly influence the availability of essential nutrients, such as phosphorus, over time.

Keywords: Availability of nutrients; Phosphate fertilizers; Plant nutrition; Rocking.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la disponibilidad de fósforo para maíz durante 8 semanas en la capa de 10-20 cm de suelo. El experimento se realizó en una propiedad rural en Paraguaçu/MG, donde se preparó el suelo y se sembró maíz (Híbrido Brevant B2401PWU) el 02/03/2024, con la aplicación de tres fuentes diferentes de fósforo:

Phosbio®BR24, Fosfato natural, y Fosfato Monoamónico (MAP), además de dos controles (con y sin maíz). El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro repeticiones y arreglo factorial 3x2. Los análisis de suelo se realizaron semanalmente, con 10 submuestras por parcela. La presencia de maíz tuvo un impacto variable en la disponibilidad de P dependiendo de la fuente utilizada. El fosfato natural se vio más afectado por la presencia de maíz, mientras que Fosbio®BR y MAP mantuvieron niveles de P más constantes. Fosbio®BR y MAP fueron efectivos para mantener la disponibilidad de P, independientemente de la presencia de maíz, lo que indica que son fuentes confiables de P para el suelo. Por otro lado, el fosfato natural fue más sensible a las condiciones del suelo y a la presencia de maíz. Las fluctuaciones en la disponibilidad de P sugieren que la dinámica de la liberación de fósforo está influenciada por varios factores, como el tipo de fertilizante, la presencia de cultivos y posiblemente otras condiciones ambientales, y es importante considerar la interacción entre la fuente de fósforo y el cultivo en el momento. Por otra parte, planifique la fertilización del suelo, ya que la elección adecuada del fertilizante puede influir significativamente en la disponibilidad de nutrientes esenciales, como el fósforo, con el tiempo.

Palabras clave: Disponibilidad de nutrientes; Fertilizantes fosfatados; Nutrición vegetal; Roca.

1. Introdução

Nos últimos anos a falta de fertilizantes fosfatados tem chamado a atenção do mercado internacional devido ao aumento considerável no preço da rocha fosfática em 2008 de acordo com Gilbert (2009), o que ocorreu também nos anos de 2021 e 2022 devido a várias situações de mercado relacionadas principalmente a conflitos entre países produtores de fertilizantes e a consequente demanda de energia o que acabou interferindo significativamente na cadeia de fornecimento a nível global (Lang; McKee, 2022).

O fósforo é um elemento de grande complexidade do solo, apresentando-se em três formas, a forma lábil que está fracamente ligada ao solo e em equilíbrio com o fósforo em solução e o fósforo não lábil, este indisponível para as plantas no curto e médio prazo (Raij, 2011). A fixação de fósforo no solo pode ocorrer com diversos elementos, como o Fe, Al e Ca presentes na solução do solo bem como com os óxidos e hidróxidos de Fe e Al, sendo este fenômeno mais intenso nos solos argilosos e intemperizados, como nos latossolos (Novais, Smyth e Nunes, 2007).

Em solos tropicais apenas uma pequena quantidade de fósforo (P) está disponível para as plantas, fato esse devido à forte adsorção do P a óxido de ferro e alumínio, embora o teor natural de P possa atingir valores até 1800 mg kg⁻¹ (Pavinato et al., 2021), e nestes solos, de acordo com Mumbach et al. (2021) a única maneira de atender a demanda nutricional da planta é através da adição de fertilizantes fosfatados. Portanto Oliveira et al. (2022) enfatiza a importância do P na regulação da produção agrícola mundial. Em relação ao Brasil vale a pena destacar que o país apresenta poucas reservas de rochas fosfáticas solúveis, portanto o mercado nacional é dependente a importação deste suprimento.

De acordo com o levantamento realizado pela CONAB (2024) o Brasil produzirá cerca de 115 milhões de toneladas de milho na safra 23/24, sendo aproximadamente 23 milhões na primeira safra, 90 milhões na segunda safra e 2,5 milhões na terceira safra.

Fancelli (2004) destaca que o milho é uma cultura que exige pouca quantidade de P, menores inclusive do que o nitrogênio (N) e potássio (K) em função da baixa eficiência de 20 a 30 % de aproveitamento deste nutriente pela cultura, o que Corrêa et al. (2008) enfatiza que devido à alta capacidade de adsorção do P adicionado ao solo ocorre a sua redução e consequentemente sua disponibilidade para a planta.

Portanto, o fornecimento de fósforo para as plantas depende das quantidades de Pi lábil, das taxas de transformação entre Pi lábil e formas mais estáveis, e da mineralização do reservatório de Po no solo (Novais e Smyth, 1999).

Desta forma o objetivo deste trabalho foi o de avaliar a disponibilidade de fósforo para o milho ao longo de 8 semanas na camada de 10-20 cm do solo.

Este artigo faz parte de uma linha de pesquisa de fósforo no solo, a qual gerou alguns artigos que segue essa linha, e por isso conta com alguns pontos comuns, onde avaliou-se diferentes camadas de solo, nesse artigo os dados referem-se a dinâmica do fósforo na camada de 10 a 20 cm.

2. Metodologia

A Metodologia Científica é importante para que os estudos tenham reprodutibilidade e sejam aceitos pela comunidade acadêmica e científica mundial. No presente estudo realizou-se uma pesquisa experimental, de natureza mista: parte em campo e parte laboratorial e de natureza qualitativa e quantitativa (Pereira et al., 2018) e, com uso da estatística descritiva (Shitsuka et al., 2014) com uso valores médios, máximos, mínimos para variáveis como é o caso da temperatura e outros.

O experimento foi instalado em uma propriedade rural no município de Paraguaçu/MG, coordenadas 422601.44 mE / 7602266.72 mS, o clima classificado como Cwa (Köppen; Geiger, 1928), temperatura média anual de 20.7 °C, com uma pluviosidade média anual de 1.227 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2021), no ano de 2023. A gleba estava sendo cultivada com pastagens a vários anos, onde foi realizado o preparo do solo com grade aradoura e posteriormente grade niveladora em 17/01/2024.

Realizou-se a amostragem de solo inicial com coleta de 20 sub amostras para compor a amostra a cada profundidade 10 - 20 cm: pH (CaCl₂) = 4, MO% = 2.2, Pres (mg.dm³) = 2.2, Ca (mmolc/dm³) = 40, Mg (mmolc/dm³) = 19, K (mmolc/dm³) = 5.1, H + Al (mmolc/dm³) = 45, SB (mmolc/dm³) = 64.1, CTC = 109,1, V% = 58.7 e m% = 0. Sendo então realizadas as demarcações das parcelas experimentais, as quais tiveram uma área de 4 metros quadrados por parcela, distantes uma das outras em 1 metro de cada um dos lados, em delineamento em blocos casualizados (DBC), com 4 repetições por tratamento em esquema fatorial 3x2, sendo três fontes de fósforo (com e sem milho) e controle (com e sem milho).

Em 02/03/2024 foi realizada a semeadura do Milho (Híbrido Brevant B2401PWU) com estande de 60 mil plantas por hectare, com distância entre linhas de 50 cm.

As aplicações das fontes de fósforo foram realizadas a lanço no dia 09/03/2024, sendo as fontes P e respectivas doses realizadas de acordo com cada tratamento: T1- Fosbio®BR24 (1400 kg/ha⁻¹) com milho, T2 - Fosbio®BR24 (1400 kg/ha⁻¹) sem milho, T3 - Fosfato natural (1400 kg/ha⁻¹) com milho, T4 – Fosfato natural (1400 kg/ha⁻¹) sem, milho, T5 – Mono Amônio Fosfato (120 kg/ha⁻¹) com milho, T6 - Mono Amônio Fosfato (120 kg/ha⁻¹) sem milho, T7/Controle – Zero P₂O₅ com milho e T8/Controle - Zero P₂O₅ sem milho. Todas as dosagens foram calculadas visando a elevação dos teores de P no solo ao nível de 15 mg/dm³.

No dia 24/03/24 realizou-se o controle de plantas daninhas com aplicação de herbicida Glifosato 2 l ha⁻¹ + 3 litros ha⁻¹ de Atrazine + 1 ha⁻¹ de óleo mineral, 200 litros de calda por hectare.

As coletas de solo para análise, foram realizadas semanalmente nas parcelas experimentais, sendo 10 sub amostras por parcela experimental nas camadas de 10 – 20 cm.

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade no software Sisvar (Ferreira, 2014).

3. Resultados e Discussão

No período de desenvolvimento da pesquisa (02 de março à 10 maio de 2024) houve pouca precipitação com má distribuição, onde a temperatura média ficou em torno de 22.6 °C, com mínima de 17.9 °C e máxima de 29.5 °C. A precipitação média foi baixa, com um valor em torno de 1.8 mm onde na maior parte dos dias não houve precipitação significativa, exceto nos dias 27 e 28 de março onde foram registrados 19.2 e 46.5 mm respectivamente, e um acumulado de

145 mm ao longo de toda o desenvolvimento da pesquisa, cujos dados referentes a temperatura e pluviosidade indicam um período relativamente seco com temperaturas moderadas.

Ao analisar os dados referentes a disponibilidade de P na profundidade de 10 – 20 cm (Tabela 1 e figura 1), comparando as diferentes fontes de P é possível verificar que a utilização Fosbio®BR com milho proporcionou uma disponibilidade efetiva em torno de 4mg/kg cuja concentração aumentou para um média de 7.5 mg/kg ao longo das semanas, sendo verificada uma leve redução na oitava semana (6 Bb), na disponibilidade de P na presença de milho. É necessário aqui fazer uma ponderação de que existem diferenças entre as espécies e entre as variedades de uma espécie e sua relação com a disponibilidade de fósforo no solo e sua consequente absorção pela cultura, tanto no P presente no solo quanto o fornecido por fosfatos naturais (Machado et al., 2001; Fernandes & Muraoka, 2002). Um outro fator relevante destacado por Anghinoni & Bissani (2008) e Sasabuchi et al. (2023) é a de que a mobilidade do elemento P na solução solo é deveras lento, e que estudos realizados por Oliveira et al. (2014) demonstram que o processo de mineralização irá ocorrer gradativamente, ocorrendo posteriormente a sua liberação e redistribuição de forma mais solúvel no perfil solo, e efeitos diferentes em diferentes profundidades. É importante mencionar que Samantray et al. (2022) em seu estudo alerta que o pó de rocha promove uma liberação mais lenta de nutrientes e por um período prolongado, portanto diferentemente dos adubos solúveis que acabam por promover um excesso de nutrientes no solo, além de perdas por lixiviação. Nesse sentido Resende et al. (2005) ao avaliar diferentes fontes de fósforo em sucessivos cultivos de milho observou que o uso de fosfato natural reativo resultou em maiores produtividades na terceira safra, dado o maior efeito residual dessa fonte, que gradualmente libera fósforo para a solução do solo, entretanto nos primeiros anos de cultivo fontes de liberação imediata promoveram maiores incrementos de produtividade. Resultados semelhantes também foram obtidos por Corrêa et al. (2008) ao comparar o superfosfato triplo com o fosfato natural de gafsa na cultura do milho, onde o primeiro promoveu maiores teores de produção de matéria seca no primeiro ano do experimento.

Tabela 1 - Disponibilidade de fontes de P(resina) semanalmente na camada de solo 10 - 20 cm, com e sem milho.

Fonte de P	Presença de Milho	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Média
Fosbio BR	+	4	7 Ba	8 Aa	8 Aa	8 Aa	6 Aa	9 Aa	8 Aa	6 Bb	7.5 Aa
Fosbio BR	-	4	7 Ba	7 Aa	7 Aa	7 Aa	7 Aa	7 Ab	9 Aa	9 Aa	7.5 Aa
Fosfato natural	+	4	4 Ca	6 Ba	4 Ba	5 Bb	4 Bb	5 Bb	5 Ba	5 Ba	4.7 Cb
Fosfato natural	-	4	5 Ca	7 Aa	5 Ba	7 Aa	7 Aa	9 Aa	6 Ba	5 Ba	6.4 Ba
MAP	+	4	9 Aa	6 Aa	9 Aa	7 Aa	5 Ba	8 Aa	10 Aa	5 Ba	7.3 Aa
MAP	-	4	10 Aa	4 Cb	5 Bb	7 Aa	5 Ba	8 Aa	10 Aa	5 Ba	6.7 Ab
Controle I	+	4	4 Ca	7 Aa	6 Ba	6 Ba	7 Aa	7 Aa	7 Aa	7 Aa	6.4 Aa
Controle II	-	4	5 Ca	6 Bb	5 Ba	5 Ba	7 Aa	6 Bb	7 Aa	5 Bb	5.7 Cb
CV %		7,2	5,2	4,6	5,8	3,5	12,1	9,9	5,2	6,6	

*Letras maiúsculas diferentes na coluna se diferem estatisticamente entre as fontes de P e as minúsculas entre o cultivo ou não de milho, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 1 - Disponibilidade de fontes de P (resina) semanalmente na camada de solo 10 – 20 cm, com e sem milho.



Fonte: Dados da pesquisa

Quando observado os resultados do Fosbio®BR sem a presença de milho é possível constatar que a média permaneceu a mesma em relação a ausência de milho (7.5 mg/kg), entretanto a disponibilidade de P permaneceu consistente ao longo das semanas, com um aumento nas semanas 7 e 8, atingindo uma disponibilidade de 9mg/kg. A presença do milho não alterou de forma significativa a média da disponibilidade de P com Fosbio®BR, entretanto é necessário destacar a ligeira variação ocorrida na semana 8 na presença de milho, o que poderia indicar uma interação específica entre o milho e a disponibilidade de P.

Com relação ao fosfato natural (com milho), a média foi de 4.7 mg/kg, com uma variação menor ao longo do tempo, como uma tendência menor de disponibilidade de P, especialmente em relação os valores alcançados nas semanas 4, 5 e 6 respectivamente, já na aplicação do fosfato natural sem a presença de milho a média se apresentou maior, em torno de 6.4 mg/kg, sendo identificado um aumento significativo na segunda semana e nas semanas 4 e 7, com uma ligeira diminuição na oitava semana. No caso específico do fosfato natural, a ausência de milho favoreceu a disponibilidade de fósforo, sugerindo que o milho poderia competir com o fósforo, reduzindo assim sua disponibilidade no solo. Em experimentos visando avaliar a disponibilidade de fósforo organomineral na cultura do milho Lana et al. (2014) e Tiritan et al. (2010) obtiveram maior acúmulo de biomassa seca na cultura do milho com a adição de fósforo organomineral, demonstrando que a matéria orgânica pode atuar também como uma proteção do elemento.

É importante salientar que resultados obtidos por Franco Júnior et al. (2023) demonstraram que a aplicação de Fosbio®, na dosagem de 516 kg.ha⁻¹, foi a que melhor resultou em elevação dos níveis de P no solo, e que à medida que se aumentava as doses de Fosbio® ocorria uma redução brusca nos níveis de P no solo. Entretanto vale a pena destacar que não se deve apenas observar a quantidade de fósforo fornecido, mas também a forma com que este nutriente é aplicado ao solo, pois esses fatores influenciam na eficiência do processo de absorção promovido pelas raízes, o que irá impactar no rendimento da cultura (Otoni; Sousa, 2024)

A aplicação do MAP na presença de milho alcançou uma média de 7.3 mg/kg, observando-se uma variabilidade ao longo do tempo, sendo registrados picos na primeira e terceira semana (9mg/kg) e uma redução na quarta e quinta semana. Já na ausência de milho o uso do MAP atingiu uma média em torno de 6.7 mg/kg, houve uma redução significativa na segunda semana, seguida por um aumento até a oitava semana, onde os valores atingiram 10 mg/kg. Comparando os valores obtidos com o uso do MAP (com e sem milho) identifica-se que o milho pode estar influenciando na dinâmica de liberação de fósforo ao longo do tempo, pois o milho pareceu causar variações mais acentuadas no que se refere a disponibilidade de fósforo com o MAP. O uso de fontes de liberação imediata de fósforo expõe o elemento para a absorção do vegetal rapidamente, e na mesma velocidade este pode interagir com o solo sofrendo fixação, com o uso de fontes de fósforo solúvel revestida por compostos orgânicos esse problema pode ser reduzido, conforme demonstrado em trabalho de Silva et al. (2012), com resultados positivos obtidos por Almeida et al. (2016), Figueiredo et al. (2012), Nunes et al. (2022), Castro et al. (2012) e Mendes et al. (2016) onde o uso de fertilizante fosfatado revestido resultou em maior produtividade do milho quando comparado com fosfato monoamônico.

Quando analisado os controles I (com milho) e II (sem milho) identifica-se que com o milho a média alcançada foi de 6,4 mg/kg, com variações moderadas, mas com maior estabilidade nas semanas finais. Sem a presença de milho a média alcançada foi de 5,7 mg/kg, com uma queda na segunda semana e variações nas semanas subsequentes. O controle sem milho apresentou uma menor disponibilidade de P, sugerindo que o milho pode ajudar na manutenção ou melhoria da disponibilidade de P no solo.

O uso do Fosbio®BR e MAP apresentaram valores consistentemente elevados, sugerindo uma boa disponibilidade (manutenção) de fósforo ao longo do tempo, em contraste com o fosfato natural, o qual demonstrou maior sensibilidade à presença de milho, com menor disponibilidade de P na presença do cultivo.

4. Conclusão

A presença de milho teve um impacto variável na disponibilidade de P, dependendo da fonte utilizada. Fosfato natural foi mais afetado pela presença do milho, enquanto Fosbio®BR e MAP mantiveram os níveis de P mais constantes.

Fosbio®BR e MAP foram eficazes na manutenção da disponibilidade de P, independentemente da presença de milho, indicando que são fontes confiáveis de P para o solo. Por outro lado, o fosfato natural, foi mais sensível às condições do solo e à presença de milho.

As flutuações na disponibilidade de P sugerem que a dinâmica de liberação de fósforo é influenciada por vários fatores, como o tipo de fertilizante, a presença de culturas e possivelmente outras condições ambientais, sendo importante considerar a interação entre a fonte de fósforo e o cultivo ao planejar a adubação do solo, pois a escolha adequada do fertilizante pode influenciar significativamente a disponibilidade de nutrientes essenciais, como o fósforo, ao longo do tempo.

Referências

Almeida, T.; Pcojesky, E.; Nesi, C. N.; Oliveira, J. P. M.; & Silva, L. S. (2016). Eficiência de fertilizante fosfatado protegido na cultura do milho. *Scientia Agraria*, 17 (1) 29-35. <https://www.redalyc.org/pdf/995/99548332004.pdf>

Anghinoni, I. & Bissani, C. A. (2008). Fósforo e adubos fosfatados. In: Bissani, C. A., Gianello, C., Tedesco, M. J. & Camargo, F. A. O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. (2a ed.), Metropole

Castro, G. S. A.; Souza, J. R.; Trentini, A.; Ribeiro, B. N.; Rolim, M. V.; & Arf, M. (2012) Efeito da aplicação de fertilizantes fosfatados revestidos com polímeros na produtividade da cultura de milho. In: *XXIX Congresso nacional de milho e sorgo*. https://www.abms.org.br/eventos_antiores/cnms2012/06453.pdf

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2024) <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5615-brasil-deve-produzir-299-27-milhoes-de-toneladas-de-graos-na-safra-2023-2024>.

Corrêa, R. M.; Nascimento, C. W. A.; Freire, F. J.; Souza, S. K. S.; & Silva, G. B. (2008). Disponibilidade e níveis críticos de fósforo em milho e solos fertilizados com fontes fosfatadas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 3(3) 218-224. <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v3i3a243/1319>

Duarte, J. O.; Matosso, M. J.; & Garcia, J. C. (2021). Importância Socioeconômica. EMBRAPA: Embrapa Milho e Sorgo. <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>

Fanceli, A. L.(s.d.). Fenologia do milho. <http://www.faeg.com.br>.

Figueiredo, C. C.; Barbosa, D. V.; Oliveira, S. A.; Fagioli, M.; & Sato, J. H. (2012). Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho. *Revista Ciência Agronômica*, 43(3), 446-452. <https://www.scielo.br/j/rca/a/x4gtRh77FJBnvrD5PbZdCc/>

Fernandes, C.; & Muraoka, T. (2002). Absorção de fósforo por híbridos de milho cultivados em solo de cerrado. *Scientia Agricola*, 59(4), 781-787. <https://www.scielo.br/j/sa/a/MmVfGWpT8bZx5f37ksxSVkm/?lang=pt>

Franco Júnior, K. S.; Dias, M. S.; Pereira, A.C.; Almeida, A. A.; & Caixeta, E. A. (2023) Avaliação de fosfato natural (Fosbio®) na cultura do milho safrinha. *Research, Society and Development*: 12 (14), 1-10. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i14.44651>

Gilbert, N., (2009). Environment: The disappearing nutrient. *Nature* 461, 716–718. <https://doi.org/10.1038/461716a>.

Lana, M. C.; Rampim, L.; Schulz, L. R.; Kaefer, J. E.; Hartmann Schmidt, M. A.; & Ruppenthal, V. (2014). Disponibilidade de fósforo para plantas de milho cultivadas com fertilizante organomineral e fosfato monoamônico. *Scientia Agraria Paranaensis*, 13 (3), 198-209. <https://doi.org/10.18188/sap.v13i3.7659>

Lang, T., & McKee, M., 2022. The reinvasion of Ukraine threatens global food supplies. *BMJ* 376, o676. <https://doi.org/10.1136/bmj.o676>.

Machado, C. T. T.; Furlani, A. M. C.; & Machado, A. T. (2001). Índices de eficiência de variedades locais e melhoradas de milho ao fósforo. *Bragantia*, 60 (3), 225-238. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052001000300010>

Mendes, L. W. A.; Oliveira, L. G. G.; Silva, E. P.; Ribeiro, M. A.; & Pelá, G. M. (2016) Aplicação de diferentes doses de MAP revestido com polímeros de liberação gradual na cultura do milho. In: *III Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão da UEG*. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/13221/8369/55544#:~:text=O%20uso%20de%20MAP%20revestido,absor%C3%A7%C3%A3o%20pela%20planta%20de%20milho>.

Menegaldo, J. G. (2011) A importância do milho na vida das pessoas. EMBRAPA/Infoteca: 1, 1-2, <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/888767/1/Importanciamilho.pdf>. Acesso em 07 de agosto de 2024.

Novais, R. F.; Smyth, T. J.; & Nunes, F. N. (2007). Fósforo. In: Novais, R. F. et al. *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 471-550.

Novais, R. F.; & Smyth, T. J. (1999). *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa: UFV.

Nunes, A. J.; Carvalho, D. S.; & Pinto, S. I. C. (2022). Utilização de MAP revestido com polímero orgânico e nutrientes no cultivo do milho safrinha. In: *XIV Jornada Científica IFMG Campus Bambuí*. https://sistemas.bambui.ifmg.edu.br/open_conference/index.php/jornadacientifica/jc2022/paper/view/736

Oliveira, F. H. T.; Novais, R. F.; Alvarez, V. H.; Cantarutti, R. B.; & Barros, N. F. (2002). Fertilidade do solo no sistema plantio direto. *Tópicos em Ciência do Solo*, 2, 393-486. .

Oliveira, L. B., Tiecher, T., Quadros, F. L. F., Trindade, J. P. P., Gatiboni, L. C., Brunetto, G., & Santos, D. R. (2014). Formas de fósforo no solo sob pastagens naturais submetidas à adição de fosfatos. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 38(3), 867–878. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300018>

Otoni, S. I.; & Sousa, A. C. G. (2024). Crescimento inicial do milho com diferentes fontes de fósforo no sulco de plantio. *Revista fr*: 28 (130), 1-28. <https://revistaft.com.br/crescimento-inicial-do-milho-com-diferentes-fontes-de-fosforo-no-sulco-de-plantio/#:~:text=A%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20fontes%20sol%C3%BAveis,necess%C3%A1rios%20para%20um%20crescimento%20vigoroso>.

Pavinato, P. S., Rocha, G. C., Cherubin, M. R., Harris, I., Jones, D. L., & Withers, P. J. A., (2021). Map of total phosphorus content in native soils of Brazil. *Sci. Agric.* 78, e20200077. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2020-0077>

Pereira, A. S. (2009). Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados. *Visão Agrícola*: 9, 43-46. <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Fertilidade04.pdf>

Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM.

Raij, B. V. (2011) *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute.

Resende, A. V.; Furtini Neto, A. E.; Alves, V. M. C.; Muniz, J. A.; Curi, N.; & Lago, F. J. (2006). Resposta do milho a fontes e modos de aplicação de fósforo durante três cultivos sucessivos em solo da região do cerrado. *Ciência Agrotecnologia*. 30 (3), 458-466. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000300011>

Samantray, J., Anand, A., Dash, B., Ghosh, M. K., & Behera, A. K. (2022). Silicate minerals – Potential source of potash - A review. *Minerals Engineering*, 179. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107463>

Sasabuchi, I. T. M., Krieger, K. S., Nunes, R. S., Ferreira, A. C., Xavier, G. T. M., Urzedo, A. L., Carvalho, W. A. & Fadini, P. S. (2023). Sustentabilidade no uso de fósforo: uma revisão bibliográfica com foco na situação atual do estado de São Paulo, Brasil. *Química Nova*. 46(2), 185–198. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170967>

Silva, A. A.; Silva, T. S.; Vasconcelos, A. C. P.; & Lana, R. M. Q. (2012). Influência da aplicação de diferentes fontes de MAP revestido com polímeros de liberação gradual na cultura do milho. *Biosci J*. 28 (1), 240-250. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13221/8369>

Shitsuka, R. et al. (2014). *Matemática fundamental para tecnologia*. 2ed. Editora Erica

Tiritan, C. S.; Santos, D. H.; FOLONI, J. S. S.; & Alves Júnior, R. (2010). Adubação fosfatada mineral e organomineral no desenvolvimento do milho. *Coloquium Agrariae*, 6 (1), 08-14. <https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/291/490>